

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04L 27/34

H04L 27/18



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02803612.3

[43] 公开日 2004 年 3 月 24 日

[11] 公开号 CN 1484907A

[22] 申请日 2002.8.22 [21] 申请号 02803612.3
[30] 优先权

[32] 2001.8.22 [33] JP [31] 251940/2001

[32] 2002.3.13 [33] JP [31] 68831/2002

[32] 2002.8.1 [33] JP [31] 225203/2002

[86] 国际申请 PCT/JP02/08450 2002.8.22

[87] 国际公布 WO03/019893 日 2003.3.6

[85] 进入国家阶段日期 2003.7.11

[71] 申请人 通信·放送机构

地址 日本东京都

共同申请人 松下电器产业株式会社

松下移动通信株式会社

[72] 发明人 彦久保恒雄 安倍克明 村上丰

高林真一郎

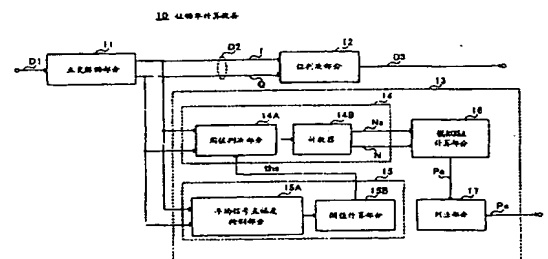
[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 郭鸿禧 马莹

权利要求书 7 页 说明书 32 页 附图 22 页

[54] 发明名称 通信质量估计方法、通信质量估计
设备和通信系统

[57] 摘要

当解调接收 QPSK 调制信号时, 平均信号点幅度检测部分 15A 确定 I 和 Q 分量的平均位置, 阈值计算部分 15B 根据接收 QPSK 调制信号的平均信号点位置和 16-值 QAM 信号的信号点在 IQ 平面上的理论分布位置, 确定 IQ 平面上的阈值 th_s 。然后, 阈值判决部分 14A 利用这个阈值, 对依次接收 QPSK 调制信号的 I 和 Q 分量作出阈值判决, 从而, 计算出 16-值 QAM 信号的模拟位错率。



1. 一种通信质量估计方法，包括：
接收步骤，接收按照第一调制系统数字调制和发送的信号；和
5 通信质量模拟估计步骤，在按照与第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法估计通信质量。
2. 根据权利要求1所述的通信质量估计方法，其中，所述通信质量模拟估计步骤包括：
阈值计算步骤，根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信
10 号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态，计算 IQ 平面上的阈值；和
模拟位错率计算步骤，通过与所述阈值相比较，依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，计算作为所述通信质量的、所
15 述第二数字调制信号的模拟位错率。
3. 根据权利要求1所述的通信质量估计方法，其中，所述通信质量模拟估计步骤包括：
阈值计算步骤，根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信
号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调
20 制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态，计算 IQ 平面上的阈值；和
模拟错误检测步骤，通过与所述阈值相比较，依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，在按照所述第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法检测位错误。
- 25 4. 根据权利要求1所述的通信质量估计方法，其中，所述第一调制系统具有比所述第二调制系统高的抗错能力。
5. 根据权利要求1所述的通信质量估计方法，其中，所述第一调制系统的信号点之间的平均距离长于所述第二调制系统的信号点之间的平均距离。
6. 根据权利要求3所述的通信质量估计方法，其中，所述第一数字调制
30 信号是 PSK 调制信号和所述第二数字调制信号是多值 QAM 调制信号，并且，在所述阈值计算步骤中，所述阈值是在考虑了与所述多值 QAM 调制信号的

相邻信号点之间的每个 I 和 Q 分量的幅度阈值相对应的值之后计算出来的。

7. 根据权利要求 3 所述的通信质量估计方法, 其中, 所述第一数字调制信号是 PSK 调制信号和所述第二数字调制信号是比第一数字调制信号具有更多相位的多相 PSK 调制信号, 并且, 在所述阈值计算步骤中, 所述阈值是在考虑了所述多相 PSK 调制信号的相邻信号点之间相位分量之后计算出来的。

8. 根据权利要求 2 所述的通信质量估计方法, 其中, 在所述模拟位错率计算步骤中, 通过与所述阈值进行比较, 依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置, 计算模拟位错率, 然后, 将计算的模拟位错率与预定纠正值相乘, 确定最后模拟位错率。

9. 根据权利要求 2 所述的通信质量估计方法, 其中, 所述第一数字调制信号含有周期性插入的导频信号, 并且, 在所述阈值计算步骤中, 根据 IQ 平面上所述导频信号的位置和 IQ 平面上第二数字调制信号的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值, 和在所述模拟位错率计算步骤中, 与所述阈值进行比较, 依次判决 IQ 平面上依次输入导频信号的位置, 从而, 计算所述第二数字调制信号的模拟位错率。

10. 根据权利要求 3 所述的通信质量估计方法, 其中, 所述第一数字调制信号含有周期性插入的导频信号, 并且, 在所述阈值计算步骤中, 根据 IQ 平面上所述导频信号的位置和 IQ 平面上第二数字调制信号的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值, 和在所述模拟错误检测步骤中, 与所述阈值进行比较, 依次判决 IQ 平面上依次输入导频信号的位置, 从而, 在按照所述第二调制系统数字调制和发送信号的假设下, 用模拟方法检测位错误。

11. 根据权利要求 2 所述的通信质量估计方法, 其中, 所述第一数字调制信号是把独特字串插入预定位置中的信号, 并且, 在所述阈值计算步骤中, 根据 IQ 平面上所述独特字串的位置和 IQ 平面上第二数字调制信号的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值, 和在所述模拟位错率计算步骤中, 与所述阈值进行比较, 依次判决 IQ 平面上依次输入独特字串的位置, 以计算所述第二数字调制信号的模拟位错率。

12. 根据权利要求 3 所述的通信质量估计方法, 其中, 所述第一数字调制信号是把独特字串插入预定位置中的信号, 并且, 在所述阈值计算步骤中, 根据 IQ 平面上所述独特字串的位置和 IQ 平面上第二数字调制信号的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值, 和在所述模拟错误检测步骤中, 与上

述阈值进行比较,依次判决 IQ 平面上依次输入独特字串的位置,从而,在按照所述第二调制系统数字调制和发送信号的假设下,用模拟方法检测位错误。

13. 根据权利要求 3 所述的通信质量估计方法,还包括:

错误计数步骤,为了纠正信号错误,在预定单位内计数在所述错误判决

5 步骤中检测的错误的个数;和

解码错误检测步骤,当按照第二调制系统发送信号时,根据在所述错误计数步骤中检测的错误的个数,判决信号是否是可纠错的。

14. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一和第二数字调制信号是经过作为次级调制的扩频处理的信号。

10 15. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一和第二数字调制信号是经过作为次级调制的跳频处理的信号。

16. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一和第二数字调制信号是经过作为次级调制的正交频分多路复用处理的信号。

17. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一数字调制信号是 MSK 调制信号。

18. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一数字调制信号是其频带受高斯滤波器限制的 GMSK 调制信号。

19. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一数字调制信号是 FSK 调制信号。

20 20. 根据权利要求 1 所述的通信质量估计方法,其中,所述第一数字调制信号是其发送频带受高斯滤波器限制的 GFSK 调制信号。

21. 一种通信质量估计设备,包括:

接收部分,用于接收按照第一调制系统数字调制和发送的信号;和

25 通信质量模拟估计部分,用于根据基于所述第一调制系统的接收数字调制信号的信号点位置,在按照与所述第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下,用模拟方法估计通信质量。

22. 根据权利要求 21 所述的通信质量估计设备,其中,所述通信质量模拟估计部分包括:

30 阈值计算部分,用于根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态,计算 IQ 平

面上的阈值；和

模拟位错率计算部分，用于通过与所述阈值相比较，依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，计算作为所述通信质量的、所述第二数字调制信号的模拟位错率。

- 5 23. 根据权利要求 21 所述的通信质量估计设备，其中，所述通信质量模拟估计部分包括：

平均幅度检测部分，用于根据按照第一调制系统数字调制和发送的信号
的信号点位置，检测所述信号的平均幅度；

- 10 阈值计算部分，用于从作为阈值的、基于所述第二调制系统的所述平均
幅度中计算可以正确接收信号的信号点位置的范围；和

错误判决部分，用于当基于第一调制系统的接收信号点的位置没有落在
由所述阈值计算部分计算的范围之内时，估计已经检测到错误。

24. 一种通信设备，包括：

- 15 接收部分，用于接收按照第一调制系统数字调制和发送的信号；
通信质量模拟估计部分，用于根据基于所述第一调制系统的接收数字调
制信号的信号点位置，在按照与所述第一调制系统不同的第二调制系统数字
调制和发送信号的假定下，用模拟方法估计通信质量；和

发送部分，用于发送由所述通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量。

25. 一种通信设备，包括：

- 20 调制部分，用于按照第一调制系统调制要发送的信号；

发送部分，用于发送调制信号；和

- 接收部分，用于当按照与所述第一调制系统不同的第二调制系统调制和
发送所述信号时，从通信伙伴接收和按照所述第一调制系统解调所述调制信
号的结果中估计和检测错误，并且，接收检测结果，其中，当所述检测结果
25 显示没有检测到错误时，所述调制部分把调制系统从所述第一调制系统变成
成所述第二调制系统。

26. 一种通信方法，包括：

- 在接收方的步骤，解调按照第一调制系统数字调制和发送的信号，当按
照与所述第一调制系统不同的第二调制系统调制和发送所述信号时，从所述
30 解调结果中估计和检测错误，并且，发送所述检测结果，和

在发送方的步骤，根据所述检测结果，改变要发送的信号的调制系统。

27. 根据权利要求 25 所述的通信设备, 其中, 所述发送部分根据所述通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量, 发送与基于第二调制系统的信号有关的模拟 ACK/NACK 信号。

28. 一种通信系统, 包括:

5 可相互通信的第一和第二发送/接收台;

配备在所述第一发送/接收台上的接收部分, 用于接收从所述第二发送/接收台发送的、按照第一调制系统数字调制的第一数字调制信号;

10 配备在第一发送/接收台上的发送部分, 用于向所述第二发送/接收台有选择地发送按照第一或第二调制系统进行调制处理的第一或第二数字调制信号;

通信质量模拟估计部分, 用于根据所述接收部分接收的、基于所述第一调制系统的数字调制信号的信号点位置, 在按照与所述第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下, 用模拟方法估计通信质量; 和
15 调制系统选择部分, 用于按照所述通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量, 选择所述发送部分上的调制处理。

29. 一种通信系统, 包括

可相互通信的第一和第二发送/接收台;

配备在所述第二发送/接收台上的接收部分, 用于接收从所述第二发送/接收台发送的、按照第一调制系统数字调制的第一数字调制信号;

20 配备在所述第一发送/接收台上的发送部分, 用于向所述第二发送/接收台有选择地发送按照第一或第二调制系统进行调制处理的第一或第二数字调制信号, 供发送数据之用;

配备在所述第二发送/接收台上的通信质量模拟估计部分, 用于根据所述接收部分接收的、基于所述第一调制系统的数字调制信号的信号点位置, 在
25 按照与所述第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下, 用模拟方法估计通信质量; 和

配备在所述第二发送/接收台上的发送部分, 用于发送所述通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量, 作为选择配置在所述第一发送/接收台上的所述发送部分上的调制处理的选择信号。

30 30. 根据权利要求 28 所述的通信系统, 其中, 所述通信质量模拟估计部分包括:

阈值计算部分, 用于根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值; 和

- 5 模拟位错率计算部分, 用于通过与所述阈值相比较, 依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置, 计算作为所述通信质量的、所述第二数字调制信号的模拟位错率。

31. 根据权利要求 29 所述的通信系统, 其中, 所述通信质量模拟估计部分包括:

- 10 阈值计算部分, 用于根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值; 和

- 15 模拟位错率计算部分, 用于通过与所述阈值相比较, 依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置, 计算作为所述通信质量的、所述第二数字调制信号的模拟位错率。

32. 根据权利要求 28 所述的通信系统, 其中, 所述通信质量模估计部分包括:

- 20 阈值计算部分, 用于根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值; 和

- 25 模拟错误检测部分, 用于通过与所述阈值相比较, 依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置, 在按照所述第二调制系统数字调制和发送信号的假定下, 用模拟方法检测位错误。

33. 根据权利要求 29 所述的通信系统, 其中, 所述通信质量模估计部分包括:

- 30 阈值计算部分, 用于根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态, 计算 IQ 平面上的阈值; 和

模拟错误检测部分，用于通过与所述阈值相比较，依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，在按照所述第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法检测位错误。

34. 根据权利要求 28 所述的通信系统，其中，所述第一发送/接收台按照时分双工，通过相同频道进行双向通信。

35. 根据权利要求 29 所述的通信系统，其中，所述第一发送/接收台按照频分双工，通过相同频道进行双向通信。

36. 一种使计算机执行如下步骤的程序：

第一步骤，确定基于第一调制系统的接收数字调制信号的信号点位置；

10 和

第二步骤，在按照与所述第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法估计通信质量。

37. 根据权利要求 36 所述的程序，其中，所述第二步骤包括：

15 阈值计算步骤，根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态，计算 IQ 平面上的阈值；和

模拟位错率计算步骤，通过与所述阈值相比较，依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，计算作为所述通信质量的、所述
20 第二数字调制信号的模拟位错率。

38. 根据权利要求 36 所述的程序，其中，所述第二步骤包括：

25 阈值计算步骤，根据按照所述第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照所述第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态，计算 IQ 平面上的阈值；和

模拟错误检测步骤，通过与所述阈值相比较，依次判决所述第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，在按照所述第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法检测位错误。

通信质量估计方法、通信质量估计设备和通信系统

5 技术领域

本发明涉及通信质量估计方法、通信质量估计设备和通信系统，并且，最好用在利用，例如，自适应调制系统的无线电通信系统中。

背景技术

10 传统上，无线电通信系统进行各种类型的系统控制，以实现高质量和高效率的通信。这些类型的控制包括，例如，不仅提高通信质量，而且有助于节省电能的发送功率控制、通信信道控制、和小区转换控制等。

并且，近年来，对根据无线电通信链路的通信质量，自适应地在调制系统之间或在编码系统之间切换的自适应通信系统的研究也正在进行之中。例如，
15 如，《移动通信》（由 Shuichi Sasaoka Ohmsha 有限公司编写和编辑，第 103-126 页）公开了利用自适应调制的通信系统，它是自适应通信系统的一个例子。通信链路上的通信质量常常被测量出来，用作对调制系统或编码系统之间的转换作出判决的信息。

作为通信质量的指标，常常使用位错率（BER）、接收功率和载波噪声比
20 （CNR）等。有一种估计这些指标当中的位错率和把它用作通信质量的指标的方法，借此，把诸如伪噪声序列之类的已知数据串插入发送数据串中，将这个已知数据串与接收数据串相比较和计数不同数据段，从而计算位错率。

还有一种让发送数据串经受纠错编码，在接收时经受正向纠错，然后，被重新编码，将这个重新编码数据串与接收信号串相比较和计数不同数据段，
25 以计算位错率的方法。并且，正如，例如，待审日本专利公布第 HEI 8-102727 号所公开的那样，计算信号矢量分散值和从这个分散值中计算位错率的方法也是已知的。

参照图 1，下面把位错率计算设备 1 的配置作为测量通信质量的传统设备的一个例子加以说明。在使用这种传统位错率计算设备 1 的通信系统中，
30 假设把预定数据串插入发送脉冲串的预定段中来发送数据。例如，假设把一串特定的伪噪声序列插入脉冲串的中心。正交解调部分 2 对接收信号进行正

交解调和同步处理，并且，输出每个接收码元的正交 IQ 矢量串。

位判决部分 3 利用输入的正交 IQ 矢量串进行位判决，并且，输出所得的接收数据。已知数据段提取部分 4 从输入的接收数据串中提取与插入上述脉冲串中的那段已知数据串相对应的数据，并且，输出提取的数据。

5 位错率计算部分 6 将已知数据段提取部分 4 提取的数据串与存储在已知数据存储部分 5 中的数据串相比较。当接收数据存在一些错误时，在出错位置上的比较结果显得不同。因此，通过在预定时间间隔内计数比较结果不同的位的个数，和计算它与总比较位数之比，可以统计地计算接收信号的位错率。

10 但是，在位错率低的情况下，计算在统计上可靠的位错率需要足够多的总比较位数。其结果是，需要花费很长时间来计算位错率。

例如，假设把根据通信链路的通信质量自适应地在 QPSK（四相位相移键控）调制系统和 16-值 QAM（正交调幅）调制系统的两个调制系统之间切换的系统作为上述自适应通信系统的一个例子。由于 QPSK 和 16-值 QAM
15 在调制期间，具有不同的信号点间距离，如图 2 所示，这些调制系统在接收性能方面是有差异的，当用相同接收功率接收数据时，众所周知，QPSK 具有较低的位错率。

作为用于对这两个调制系统之间的转换作出判决的信息，假设图 1 所示的位错率计算设备 1 以位错率不超过 $1.0\text{E-}3$ 的方式，利用位错率计算结果控制调制系统之间的调制转换。并且，当调制系统从 16-值 QAM 改变成 QPSK
20 时，可以以这样的方式，即，在 16-值 QAM 接收期间，监视 BER 估计结果的时候，当这个位错率超过允许值（例如， $5.0\text{E-}4$ ）时，将调制系统改变成 QPSK，进行控制。

当调制系统从 QPSK 改变成 16-值 QAM 时，同样有必要在 QPSK 通信期间决定转换。例如，当在 QPSK 接收期间，载波噪声比（CNR）超过 17dB
25 时，如图 2 所示，16-值 QAM 的位错率也下降到 $1.0\text{E-}3$ 以下，因此，决定改变成 16-值 QAM。

图 3 是以 17dB 的载波噪声比进行 QPSK 接收解调获得的、每个接收码元的正交 IQ 矢量串的分布特性的例子。尽管信号点因受到噪声的影响而分散，但是，在 I 和 Q 轴之外，几乎没有分散，因此，QPSK 的位错误只以等
30 于或低于 $1.0\text{E-}6$ 的频率出现。对于 QPSK，想要检验低至 $1.0\text{E-}6$ 的位错率，

需要采集数量巨大的接收位样本和花费大量的时间，并且，检验这样的位错率是不切实际的。

因此，当调制系统从诸如 QPSK 之类位错率相对低的调制系统改变成诸如 16-值 QAM 之类位错率相对高的调制系统时，存在着在不增加与转换有关的发送错误的情况下，进行快速转换的难题。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种能够在发送基于位错率高的调制系统的信号时，根据基于位错率低的调制系统的发送信号，快速地和精度地确定通信质量的通信质量估计方法和通信质量估计设备。并且，本发明的另一个目的是提供一种能够提供根据通信质量把它的调制系统从位错率低的调制改变成位错率高的调制系统的系统中，调制系统之间的适当转换的通信系统。

这些目的是通过，根据在低位错率下接收的数字调制信号的信号点位置，用模拟方法估计通过相同传输路径，以高位错率发送的数字调制信号的位错率或位错误实现的。

附图说明

- 图 1 是显示传统位错率计算设备的配置的方块图；
- 图 2 图解了显示 16-值 QAM 和 64-值 QAM 的位错率的特性曲线；
- 图 3 图解了在 IQ 平面上 QPSK 调制信号的分布状态；
- 图 4 是显示根据本发明实施例 1 的位错率计算设备的配置的方块图；
- 图 5 图解了当接收 QPSK 信号时，正交 IQ 矢量的分配；
- 图 6 图解了具有相同功率的 QPSK 信号和 16-值 QAM 信号的信号点分布；
- 图 7 图解了根据实施例 1 为 QPSK 信号设置阈值的例子；
- 图 8 是图解根据实施例 1 的位错率计算设备的操作的流程图；
- 图 9 图解了在实施例 1 和 2 中获得的 16-值 QAM 和 64-值 QAM 的模拟位错率和由同步检测部分通过接收实际获得的位错率的特性曲线；
- 图 10 是显示根据本发明实施例 2 的位错率计算设备的配置的方块图；
- 图 11 图解了具有相同功率的 QPSK 信号和 16-值 QAM 信号的信号点分布；
- 图 12 图解了根据实施例 2 为 QPSK 信号设置阈值的例子；

- 图 13 是显示根据实施例 3 的通信系统的配置的方块图；
图 14 是显示根据实施例 4 的通信系统的配置的方块图；
图 15 是显示根据实施例 5 的通信系统的配置的方块图；
图 16 是显示根据实施例 5 的模拟错误检测器的配置的方块图；
5 图 17 是显示根据实施例 6 的通信系统的配置的方块图；
图 18 是显示根据实施例 6 的模拟错误检测器的配置的方块图；
图 19 是显示根据另一个实施例的模拟错误检测器的配置的方块图；
图 20 图解了 16-值 QAM 信号调制系统和 64-值 QAM 信号调制系统的信号点配置的例子；
10 图 21 图解了从 16-值 QAM 信号中检测 64-值 QAM 信号的模拟错误的阈值；
图 22 图解了根据另一个实施例的阈值设置；和
图 23 图解了根据再一个实施例的阈值设置。

15 具体实施方式

现在参照附图，详细说明本发明的实施例。

(实施例 1)

在图 4 中，标号 10 从整体上表示根据实施例 1 的位错率计算设备和把 QPSK 调制信号 D1 输入正交解调部分 11 中。正交解调部分 11 按要求，把正交解调处理、码元同步处理、和对频率、幅度或失真等的纠正处理应用于 QPSK 调制信号 D1，从而，输出每个码元，作为正交 IQ 矢量（在 IQ 平面上含有 I 和 Q 分量的矢量）信号 D2。位判决部分 12 检测 IQ 平面上每个接收码元的位置，从而，对每个接收码元的正交 IQ 矢量信号 D2 进行位判决，输出决定的位数据串 D3。

25 另一方面，位错率计算设备 10 把正交 IQ 矢量信号 D2 发送到位错率估计部分 13。位错率估计部分 13 用模拟方法从接收 QPSK 调制信号 D1 的正交 IQ 矢量串中估计假设接收到 16-值 QAM 信号的位错率。位错率估计部分 13 把正交 IQ 矢量信号 D2 发送到阈值判决错误计数部分 14 的阈值判决部分 14A，同时，把正交 IQ 矢量信号 D2 发送到阈值计算部分 15 的平均信号点幅度检测部分 15A。

30 阈值判决错误计数部分 14 通过，根据阈值，判决 QPSK 调制信号的正交

IQ 矢量分量的幅度值，用模拟方法对 16-值 QAM 信号的幅度位进行错误判决，输出预定时间内的阈值判决错误计数 N_a 和总阈值判决错误计数 N 。阈值计算部分 15 从正交 IQ 矢量串中计算要用于阈值判决的阈值 ths 。

5 阈值计算部分 15 把正交 IQ 矢量信号 D2 输入平均信号点幅度检测部分 15A，然后，通过如下的阈值计算部分 15B，根据平均信号点，计算阈值。平均信号点幅度检测部分 15A 检测依次输入的 IQ 矢量在 IQ 平面上的平均幅度。顺便提一下，这里假设“平均幅度”不是指 IQ 平面上 IQ 矢量的长度，而是指相对于 I-轴的距离和相对于 Q-轴的距离。

10 更具体地说，当把正交 IQ 矢量信号 D2 的矢量串画在 IQ 平面上时，它看起来像图 5 所示的那样。图 5 显示了以 17dB 的载波噪声比接收和解调 QPSK 调制信号时获得的正交 IQ 矢量串的例子。平均信号点幅度检测部分 15A 检测 IQ 矢量相对于 Q-轴的平均距离（同样应用于相对于 I-轴的平均距离）。

15 根据当用与当前 QPSK 调制信号的接收功率相同的功率接收 16-值 QAM 信号时，IQ 平面上 16-值 QAM 信号的信号点的理论分布状态、和由平均信号点幅度检测部分 15A 检测的平均信号点幅度 a ，阈值计算部分 15B 计算 16-值 QAM 信号的模拟阈值。

20 更具体地说，可以把 QPSK 调制信号的 4 个平均信号点矢量表示成 $(\pm a, \pm a)$ 。当接收具有与 QPSK 调制信号的功率相同的功率的 16-值 QAM 信号时，如图 6 所示，16-值 QAM 信号的信号幅度的 I 和 Q 分量取 4 个值 $\pm a/\sqrt{5}$ 和 $\pm 3a/\sqrt{5}$ 。格雷 (Gray) 编码 16-值 QAM 一般通过为接收信号的每个码元判决正交 IQ 矢量的 I 和 Q 分量的符号是正的还是负的，决定指示一个码元的 4 个位当中的 2 个位，并且，通过判决其幅度是较大还是较小，决定其余 2 个位。在这些值当中，对于 I-轴和 Q-轴，与幅度判决相对应的阈值是如图 6 中的虚线所示和无论对于 I-轴，还是对于 Q-轴，与 16-值 QAM 信号的各自信号
25 点都相距 $a/\sqrt{5}$ 地设置的 $I = \pm 2a/\sqrt{5}$ 和 $Q = \pm 2a/\sqrt{5}$ 。

考虑到这一点，阈值计算部分 15B 与 QPSK 调制信号的 4 个平均信号点矢量 $(\pm a, \pm a)$ 相距 $a/\sqrt{5}$ 地设置阈值。也就是说，如图 7 所示，阈值计算部分 15B 计算 I 和 Q 分量的阈值 $ths_i = \pm(1-1/\sqrt{5})a$ 和 $ths_q = \pm(1-1/\sqrt{5})a$ 。把这些阈值发送到阈值判决错误计数部分 14 的阈值判决部分 14A。

30 阈值判决部分 14A 接收正交 IQ 矢量信号 D2 和阈值 ths ，并且，根据阈值 ths ，对依次输入的正交 IQ 矢量信号进行阈值判决处理。事实上，当接收

码元的正交 IQ 矢量的 I 和 Q 分量下降到阈值 ths_I 和 ths_q 以下时, 也就是说, 当正交 IQ 矢量的 I 和 Q 分量存在于图 6 的阴影区之内时, 阈值判决部分 14A 用模拟方法判决在 16-值 QAM 信号中存在幅度判决位错误。计数器 14B 计数错误判决计数 Na 和总判决计数 N 。

- 5 也就是说, 阈值判决部分 14A 在下列表达式 (1) 得到满足时, 为依次输入的接收码元的矢量 $rx = (ri, rq)$ 把计数器 14B 的错误判决计数 Na 加 1, 并且, 当下列表达式 (2) 得到满足时, 又把 Na 加 1。这个处理是在预定间隔上实现的。

$$-ths_i < ri < ths_i \quad \dots (1)$$

10 $-ths_q < rq < ths_q \quad \dots (2)$

如下列表达式 (3) 所示, 假设利用错误判决计数 Na 和总判决计数 N 接收 16-值 QAM 信号, 模拟 BER 计算部分 16 用模拟方法计算幅度判决位错率 Pa :

$$Pa = Na/N \quad \dots (3)$$

- 15 纠正部分 17 通过对在模拟 BER 计算部分 16 上计算的幅度判决位错率 Pa 进行基于统计的纠正处理, 计算实际位错率。也就是说, 16-值 QAM 的幅度判决位错率 Pa 、代码判决位的位错率和总位错率之间的关系可通过下列表达式 (4) 和表达式 (5) 来统计表达是已知的 (例如, “数字无线电通信的调制/解调” (Yoichi Saito))。

20 $Pa = (1/2) \times Pa \quad \dots (4)$

$$Pe = (Pa + Ps)/2 \quad \dots (5)$$

因此, 假设接收 16-值 QAM 信号, 如下列表达式 (6) 所示, 利用表达式 (3) 和 (5), 计算模拟位错率 Pe , 并且, 从纠正部分 17 输出它。

25 $Pe = (3/4) \times Na \times Na/N \quad \dots (6)$

在上述配置中, 位错率计算设备 10 根据图 8 所示的操作, 用模拟方法, 从接收的 QPSK 调制信号中计算 16-值 QAM 信号的位错率 Pe 。

- 当位错率计算设备 10 在步骤 ST0 中, 开始位错率计算处理时, 它在步骤 ST1 中, 通过正交解调接收的 QPSK 调制信号 D1, 确定 QPSK 调制信号 D1 的 I 和 Q 分量。

在下一步骤 ST2 中, 位错率计算设备 10 确定 QPSK 调制信号的数个码

元的平均信号点幅度 a ，并且，在步骤 ST3 中，它根据平均信号点幅度 a 和用相同功率接收 16-值 QAM 信号时的统计分布状态（图 6），计算 IQ 平面上 16-值 QAM 信号的阈值 ths_i 和 ths_q 。

5 然后，位错率计算设备 10 在步骤 ST4 和 ST6 中，对 QPSK 调制信号的依次接收码元的 I 和 Q 分量进行阈值判决处理。也就是说，在步骤 ST4 中，它判决 QPSK 调制信号的 I 分量 ri 是否大于 $-ths_i$ 和小于 ths_i ，并且，当得到肯定结果时，位错率计算设备 10 转到步骤 ST5，把计数器 14B 的错误判决计数 Na 加 1，和当得到否定结果时，它转到步骤 ST6。

10 在步骤 ST6 中，它判决 QPSK 调制信号的 Q 分量 rq 是否大于 $-ths_q$ 和小于 ths_q ，并且，当得到肯定结果时，位错率计算设备 10 转到步骤 ST7，把计数器 14B 的错误判决计数 Na 加 1，和当得到否定结果时，它转到步骤 ST8。因此，当 QPSK 调制信号的 I 和 Q 分量两者都包含在图 7 所示的阴影区中时，位错率计算设备 10 把错误判决计数 Na 加了两次。这样，对于位错率相当高的接收码元，位错率计算设备 10 使错误判决计数 Na 反映出高位错率。

15 在步骤 ST8 中，位错率计算设备 10 把计数器 14B 的总判决计数 N 加 1，然后，转到步骤 ST9。在步骤 ST9 中，计算从步骤 ST4 到步骤 ST8 的判决时间，并且，当判决时间未能满足预定设置时间 T 时，过程返回到步骤 ST4，重复步骤 ST4 到步骤 ST8 中的过程。然后，当判决时间 T 达到和超过设置时间 T 时，在步骤 ST9 中得出肯定结果，过程转到步骤 ST10。

20 在步骤 ST10 中，当利用到目前为止的过程计算的错误判决计数 Na 和总判决计数 N 接收 16-值 QAM 信号时，位错率计算设备 10 计算幅度判决位错率 Pa 。然后，在步骤 ST11 中，假设接收到 16-值 QAM 信号，位错率计算设备 10 将幅度判决位错率 Pa 乘以基于统计的纠正值，以计算模拟位错率 Pe ，然后，在步骤 S12 中，完成位错率计算处理操作。

25 因此，当根据接收 QPSK 调制信号接收 16-值 QAM 信号时，位错率计算设备 10 可以快速地和精确地计算位错率。

也就是说，按照传统技术，发送方以这样的方式，即通过检测 QPSK 解调信号的 I 和 Q 分量是否已经传输到在 I-轴和 Q-轴之外的相邻象限，检测位错率，和当位错率下降到低于预定值时，把通过 QPSK 调制的发送改变成通过 16-值 QAM 调制的发送，根据接收方上 QPSK 调制信号的位错率检测，决
30 定从 QPSK 调制转换成 16-值 QAM 调制的定时。但是，由于 QPSK 调制系统

是具有低位错率的调制系统，因此，在通信质量相对高的情况下，I 和 Q 分量很难转换到在 I-轴和 Q-轴之外的相邻象限。结果是，存在着需要花费很长时间来判决位错率是否已经达到适合于利用 16-值 QAM 发送的值的缺点。

另一方面，不是根据 QPSK 解调信号的 I 和 Q 分量是否已经转换在 I-轴和 Q-轴之外来计算位错率，位错率计算设备 10 在考虑了 IQ 平面上 16-值 QAM 信号的分布位置和出现位错误时的幅度之后，确定新的阈值 ths_i 和 ths_q ，并且，根据这些阈值 ths_i 和 ths_q ，判决依次接收的 QPSK 调制信号的 I 和 Q 分量，和计算 16-值 QAM 信号的模拟位错率，从而，可以快速地和精确地确定位错率是否已经达到适合于利用 16-值 QAM 发送的值。

10 因此，当从 QPSK 解调信号的 I 和 Q 分量中计算出 16-值 QAM 信号的模拟位错率 Pe 的计算结果被画出来时，它们的特性如图 9 中用标号 \bigcirc 所示的那样，可以确信，这种特性基本上与在相同接收功率环境下实际接收 16-值 QAM 信号时的接收位错率特性（虚线）相一致。

因此，按照上述配置，IQ 平面上的阈值 ths_i 和 ths_q 是根据解调接收 15 QPSK 调制信号时 I 和 Q 分量的平均位置、和 IQ 平面上 16-值 QAM 信号的理论分布位置确定的，并且，利用这些阈值 ths_i 和 ths_q 对依次接收 QPSK 调制信号的 I 和 Q 分量作出阈值判决，从而计算出 16-值 QAM 信号的模拟位错率，这样，当通过相同传输路径发送 16-值 QAM 信号，而不是 QPSK 调制信号时，可以快速地和精确地确定位错率。

20 其结果是，当发送方将调制系统从 QPSK 调制系统改变成 16-值 QAM 调制系统时，可以快速地和精确地进行转换，而不会增加与转换有关的发送错误。

（实施例 2）

25 这个实施例将说明当接收 QPSK 调制信号时，用模拟方法计算接收功率相同的 64-值 QAM 信号的位错误。图 10 显示了根据实施例 2 的位错率计算设备 20 的配置，在图 10 中，与图 4 中那些相同的部件用相同的指定标号来表示。

30 假设从接收 QPSK 调制信号 D1 的正交 IQ 矢量串中接收到 64-值 QAM 信号，位错率计算设备 20 的位错率估计部件 23 被设计成用模拟方法估计 64-值 QAM 信号的位错率。在这种情况下，阈值计算部分 25 的平均信号点幅度检测部分 25A 检测 IQ 平面上依次输入的 IQ 矢量的平均幅度。根据当用与当

前 QPSK 调制信号的接收功率相同的功率接收 64-值 QAM 信号时, IQ 平面上 64-值 QAM 信号的理论分布状态、和在平均信号点幅度检测部分 15A 上检测的平均信号点幅度 a , 阈值计算部分 15B 计算 64-值 QAM 信号的模拟阈值 ths 。

- 5 阈值判决差错计数部分 24 通过, 根据阈值 ths , 判决依次输入 QPSK 调制信号的正交 IQ 矢量分量的幅度值, 用模拟方法对 64-值 QAM 信号的幅度位进行错误判决, 并且, 在预定时间内输出阈值

模拟 BER 计算部分 26 利用错误判决计数 N_a 和总判决计数 N , 计算接收到 64-值 QAM 信号时的幅度判决位错率 P_a 。纠正部分 27 通过对在模拟 BER 计算部分 26 上计算的幅度判决位错率 P_a 进行基于统计的纠正处理, 计算出实际位错率。

下面将更具体地说地说明位错率估计部分 23 的处理。这里, 与实施例的情况一样, 假设把 QPSK 调制信号的 4 个平均信号点矢量表示成 $(\pm a, \pm a)$, 和接收到具有与这个 QPSK 信号的功率相同的功率的 64-值 QAM 信号。在这种情况下, 如图 11 所示, 64-值 QAM 信号的信号幅度的 I 和 Q 分量取 8 个值 $\pm a/\sqrt{21}$ 、 $\pm 3a/\sqrt{21}$ 、 $\pm 5a/\sqrt{21}$ 、和 $\pm 7a/\sqrt{21}$ 。因此, 识别各自信号点的阈值被设置成如图 11 中的虚线所表示的那样, 与各自信号点相距 $a/\sqrt{21}$ 。

根据代表 1 个码元的 6-位数据的内容, 格雷编码 64-值 QAM 一般位于 64 个信号点上, 但是, 与各自 6 个位相对应的数个信号点之间的平均距离被分类成三个类别, 和各个位的位错率因此也可以被分类成三个类别。假设这三个位错率被表示成 Pe_1 、 Pe_2 和 Pe_3 。那么, 这三个位错率之间的关系可以用如下的表达式 (7) 来表示:

$$Pe_1: Pe_2: Pe_3 = 1: 2: 4 \quad \dots (7)$$

在这三个位错率中, 位错率最大的 Pe_3 在由下列表达式 (8) 所表达的 64-值 QAM 的各自信号点上, 与进入阈值之外的相邻信号点区的幅度判决位错率 P_a 存在关系:

$$Pe_3 = (1/2) P_a \quad \dots (8)$$

然后, 阈值计算部分 25B 对于 I-轴和 Q-轴, 分别与信号点 $(\pm a, \pm a)$ 相距 $a/\sqrt{21}$ 地设置阈值。然后, 当依次接收 QPSK 调制信号的接收码元的 I 和 Q 分量超过这个阈值, 也就是说, 接收码元的 I 和 Q 分量进入图 12 中的阴影区时, 阈值判决部分 24A 用模拟方法判决已经出现了幅度判决错误。然后, 计

数器 24B 计数这个幅度判决错误计数 N_a 和总判决计数 N 。

如下列表达式 (9) 所表达的那样, 模拟 BER 计算部分 26 从幅度判决错误计数 N_a 和总判决计数 N 中计算幅度判决位错率 P_a :

$$P_a = N_a / N \quad \dots (9)$$

- 5 然后, 如下列表达式 (10) 所示, 纠正部分 17 根据表达式 (7)、(8) 和 (9) 计算 64-值 QAM 的总接收位错率:

$$\begin{aligned} P_e &= (P_{e1} + P_{e2} + P_{e3}) / 3 \\ &= ((1/4)P_{e3} + (1/2)P_{e3} + P_{e3}) / 3 \\ &= (7/12)P_{e3} \end{aligned}$$

$$10 \quad \quad \quad = (7/24)P_a \quad \dots (10)$$

因此, 当从 QPSK 解调信号的解调 I 和 Q 分量中计算出 64-值 QAM 信号的模拟位错率 P_e 的计算结果被画出来时, 它们显示出了如图 9 中用标号 Δ 表示的特性, 可以确信, 这种特性基本上与在相同接收功率环境下实际接收 64-值 QAM 信号时的接收位错率特性 (点划线) 相一致。

- 15 因此, 按照上述配置, 64-值 QAM 信号的模拟位错率是通过, 根据解调接收 QPSK 调制信号时 I 和 Q 分量的平均位置、和 IQ 平面上 64-值 QAM 信号的理论分布位置, 计算 IQ 平面上的阈值, 和利用这些阈值判决依次接收 QPSK 调制信号的 I 和 Q 分量确定的, 因此, 当通过相同传输路径发送 64-值 QAM 信号, 而不是 QPSK 调制信号时, 可以快速地和精确地确定位错率。

- 20 其结果是, 当发送方将调制系统从 QPSK 调制系统改变成 64-值 QAM 调制系统时, 可以快速地和精确地进行转换, 而不会增加与转换有关的发送错误。

(实施例 3)

- 25 图 13 显示了根据实施例 3 的通信系统 100 的配置, 在实施例 3 中, 发送/接收台 A 200 和发送/接收台 B 300 根据时分多工 (TDD) 系统, 通过相同的频道进行双向无线电通信。在这个实施例中, 假设发送/接收台 A 200 代表无线电基站, 和发送/接收台 B 300 代表移动终端。因此, 从发送/接收台 A 200 到发送/接收台 B 300 的通信链路是下行链路, 和相反的通信链路是上行链路。

- 30 通信系统 100 根据有关下行链路的通信链路的质量, 自适应地改变它的调制系统, 和与有关上行链路的通信质量无关, 根据固定调制系统进行通信。因此, 通信系统 100 可以增加下行链路的通信传输容量。

发送/接收台 A 200 包括在实施例 1 中所述的位错率计算设备 10。当在接收部分 201 上接收到 QPSK 调制信号时, 发送/接收台 A 200 对这个信号应用降频转换处理和信号电平调整处理等, 然后, 把信号发送到位错率计算设备 10。

5 如上所示, 位错率计算设备 10 从接收的 QPSK 调制信号 D1 中估计 16-值 QAM 信号的模拟位错率, 并且, 把估计的位错率 P_e 发送到自适应调制控制部分 202。自适应调制控制部分 202 根据估计的位错率 P_e , 形成改变要用于下行链路发送的调制系统的转换控制信号 S1, 并且, 把这个信号 S1 发送到自适应调制发送部分 203。

10 当估计位错率 P_e 小于预定值时, 自适应调制控制部分 202 输出命令调制系统转换到 16-值 QAM 调制系统的转换控制信号 S1, 并且, 当估计位错率 P_e 大于预定值时, 自适应调制控制部分 202 输出命令调制系统转换到 QPSK 调制系统的转换控制信号 S1。

15 自适应调制发送部分 203 是以这样的方式, 即能够有选择地进行 QPSK 调制处理或 16-值 QAM 调制构成的, 并且, 根据转换控制信号 S1, 自适应地改变调制系统。这个实施例被设计成通过以脉冲串为单位在 QPSK 和 16-值 QAM 之间切换, 进行调制和发送。

20 发送/接收台 B 300 的自适应解调接收部分 301 自适应地接收和解调从发送/接收台 A 200 发送的 QPSK 调制信号或 16-值 QAM 信号。由于这个原因, 自适应解调接收部分 301 需要识别接收信号是 QPSK 调制信号还是 16-值 QAM 信号。因此, 根据本实施例, 自适应调制控制部分 203 事先把识别调制系统的码元插入发送脉冲串中, 和自适应解调接收部分 301 根据这个码元, 改变调制系统。

25 调制发送部分 302 根据 QPSK 调制系统, 形成上行链路发送信号。顺便提一下, 在本实施例的情况中, 下行链路和上行链路两者发送具有相同发送功率的信号。

 在上述配置中, 通信系统 100 根据通信质量, 自适应地在 QPSK 调制和 16-值 QAM 之间切换。在这种情况下, 通信系统 100 根据上行链路的通信质量, 了解下行链路的通信质量, 并且, 根据状况, 改变调制系统。

30 也就是说, 由于通信系统 100 根据 TDD 系统, 把相同频道用于下行链路和上行链路, 可以认为上行链路的通信质量基本上等于下行链路的通信质量。

因此，通信系统 100 的发送/接收台 A 200 测量上行链路信号的接收质量，并且，估计它与下行链路的通信质量相当。

此外，通信系统 100 在测量上行链路的通信质量时，在位错率计算设备 10 上，从接收的 QPSK 调制信号中计算 16-值 QAM 信号的模拟位错率 P_e 。

5 这样，当通过相同发送路径发送 16-值 QAM 信号，而不是 QPSK 调制信号时，可以快速地和精确地计算位错率。其结果是，当通信系统 100 在 QPSK 调制系统和 16-值 QAM 调制系统之间切换时，可以实现快速转换，而不会增加与转换有关的发送错误，并且，在保持高通信质量的同时，增加了通信容量。

10 因此，上述配置提供了位错率计算设备 10，从位错率计算设备 10 接收的 QPSK 调制信号中计算 16-值 QAM 信号的模拟位错率 P_e ，和根据模拟位错率 P_e ，自适应地改变调制系统，从而，可以实现通信质量提高了的和通信容量增加了的通信系统 100。

此外，基于时分双工（TDD）的通信系统 100 根据模拟位错率 P_e ，进行
15 调制系统转换处理，从而，可以在通信质量与发送环境的通信质量相同的接收环境下，计算模拟位错率 P_e ，进行更适合于发送路径环境的调制系统转换处理，和进一步提高通信质量。

（实施例 4）

图 14 显示了根据实施例 3 的通信系统 400 的配置，在实施例 4 中，发送
20 /接收台 A 500 和发送/接收台 B 600 根据频分多工（FDD）系统，通过不同的频道进行双向无线电通信。在这个实施例中，假设发送/接收台 A 500 代表无线电基站，和发送/接收台 B 600 代表移动终端。因此，从发送/接收台 A 500 到发送/接收台 B 600 的通信链路是下行链路，和相反的通信链路是上行链路。

对于下行链路，通信系统 400 根据通信链路的质量，自适应地改变它的
25 调制系统，和对于上行链路，它与通信质量无关，根据固定调制系统进行通信。因此，通信系统 400 可以增加下行链路的通信传输容量。

发送/接收台 B 600 包括在实施例 1 中所述的位错率计算设备 10。发送/
接收台 B 600 的自适应解调接收部分 601 解调接收的 QPSK 调制信号或 16-
值 QAM 信号。在这种情况下，自适应解调接收部分 601 根据由自适应调制
30 发送部分 503 事先插入发送脉冲串中的、识别调制系统的码元，改变调制系统。

当接收信号是 16-值 QAM 信号时, 自适应解调接收部分 601 把解调信号发送到位错率估计部分 602 的 16-值 QAM 位错率估计部分 603。另一方面, 当接收信号是 QPSK 调制信号时, 自适应解调接收部分 601 把解调信号发送到位错率计算设备 10。

- 5 16-值 QAM 位错率估计部分 603 重新编码已经经过纠错编码处理和曾经由自适应解调接收部分 601 解码的接收信号, 将这个重新编码数据与接收的编码串相比较, 以估计位错率 R_e 。然后, 16-值 QAM 位错率估计部分 603 把这个估计位错率 R_e 发送到调制发送部分 604, 作为位错率报告值 R_e 。

- 10 位错率计算设备 10 从如上所述接收的 QPSK 调制信号中估计 16-值 QAM 信号的模拟位错率 P_e 。然后, 位错率计算设备 10 把这个模拟位错率 P_e 发送到调制发送部分 604, 作为模拟位错率报告值 P_e 。

- 15 调制发送部分 604 根据, 例如, QPSK 调制, 调制上行链路信号, 并且, 发送把位错率报告值 R_e 和 P_e 插入其中的上行链路信号。也可以把位错率报告值 R_e 和 P_e 插在, 例如, 发送脉冲串中的特定位置上, 或者, 当在上层构成发送数据时, 也可以把位错率报告值 R_e 和 P_e 包括在内。

发送/接收台 A 500 的接收/解调部分 501 接收/解调来自发送/接收台 B 600 的上行链路信号, 以获得接收数据。在这种情况下, 接收/解调部分 501 提取接收数据内部的位错率报告值 R_e 和 P_e , 并且, 将其发送到自适应调制控制部分 502。

- 20 自适应调制控制部分 502 根据位错率报告值 R_e 和 P_e , 输出改变要用于下行链路发送的调制系统的转换控制信号 S_2 。实际上, 当位错率报告值 R_e 和 P_e 小于预定值时, 自适应调制控制部分 502 输出选择/命令 16-值 QAM 调制系统的转换控制信号 S_2 。另一方面, 当位错率报告值 R_e 和 P_e 大于预定值时, 自适应调制控制部分 502 输出选择/命令 QPSK 调制系统的转换控制信号 S_2 。自适应调制/发送部分 503 根据这个转换控制信号 S_2 , 改变调制系统, 调制和发送该信号

- 30 这里, 一般说来, 当该值超过预定值时, 计算 16-值 QAM 信号的位错率和将调制系统从 16-值 QAM 调制改变成 QPSK 调制相对容易些。这是因为, 16-值 QAM 调制是位错率比 QPSK 调制高的调制系统, 它只需要花费很短时间来进行检测位错率超过预定值和把调制系统改变成 QPSK 调制的处理。

相反, 如上所述, 当位错率值下降到预定值之下时, 需要花费很长时间

来进行计算 QPSK 调制信号的位错率和将调制系统从 QPSK 调制改变成 16-值 QAM 调制的处理。考虑到这一点, 通过提供位错率计算设备 10, 通信系统 10 可以快速地将调制系统从 QPSK 调制改变成 16-值 QAM。

因此, 根据上述配置, 与进行自适应调制发送的发送/接收 A 500 通信的发送/接收 B 600 配有 16-值 QAM 位错率估计部分 601 和和位错率计算设备 10, 以便把位错率报告值 R_e 和 P_e 发送到发送的发送/接收 A 500, 因此, 可以实现能够快速地和精确地进行自适应调制处理的通信系统 400。

(实施例 5)

这个实施例提出了根据本发明的通信质量估计方法应该应用于作出自动重复请求 (ARQ) 的通信系统。

(1) 自动重复请求的说明

在说明本实施例的配置之前, 先说明一下自动重复请求。自动重复请求系统是接收方配有检测接收数据中的错误的功能, 向发送方回答指示接收数据中是否存在错误的通信确认信号 (ACK/NACK 信号), 和如果这个通信确认信号是 NACK 信号, 发送方重新发送数据, 从而使通信链路更加可靠的通信系统。

这个自动重复请求系统通过作为与数据发送相反的通信的返回链路, 只发送最小通信确认信号, 要求返回链路的极小量业务, 因此, 适合于含有所谓非对称业务的通信系统, 在这样的通信系统中, 业务集中在沿着数据发送方向通信的正向链路上。

这里, 假设了自适应地在 QPSK 和 16-值 QAM 之间切换调制系统的自适应通信系统应用于采用 ARQ 系统的通信系统。当假设不可能保证业务量足以在下行链路上发送通信质量的信息时, 假设要求系统在下行链路接收期间, 正好在纠错之后, 发送通信确认信号。

假设把通信确认信号 (ACK/NACK) 从移动终端到基站的情况用作指示下行链路通信质量的参数。例如, 当基于 16-值 QAM 的通信正在进行之中时, 基站监视这个通信确认信号的状况, 并且, 对于在数量上与最后几个脉冲串相对应的通信确认信号, NACK 的频率超过预定速率, 基站判定下行链路的通信质量已经变差了, 并且, 把调制系统改变成抗错能力相对来说更好的 QPSK。

相反, 假设决定从 QPSK 转换到 16-值 QAM, 由于 QPSK 具有高的抗错

能力, 如果通信质量在某些程度上是好的, 那么, 对于与几个脉冲串相对应的通信确认信号, ACK (没有错误) 状态可以继续下去。在这种状况下, 当调制系统改变成 16-值 QAM 时, 不可能从有关 QPSK 的通信确认信号中知道是否出现了接收错误。

- 5 因此, 当像其位错率与 16-值 QAM 的位错率相比相对较低的 QPSK 那样的调制系统改变成像其位错率与 QPSK 的位错率相比相对较高的 16-值 QAM 那样的调制系统时, 进行自适应调制和自动重复请求的一般通信系统在改变的调制系统中未能获得有关适当通信质量的信息, 和不能获得适合于改变调制系统的判决信息。

10 (2) 实施例 5 的配置、操作和效果

因此, 这个实施例提出, 根据本发明的通信质量估计方法应该应用于进行自适应调制和自动重复请求的通信系统。

- 15 图 15 显示了根据实施例 5 的通信系统 900 的配置。这个实施例将描述图 15 中的通信系统 900 的情况, 其中, 作为基站设备的通信设备 1000 与作为通信终端设备的通信设备 1100 通信, 和切换把数据从通信设备 1000 发送到通信设备 1100 的通信的调制系统。从现在开始, 将说明作为下行链路的、从通信设备 1000 到通信设备 1100 的通信链路, 和将说明作为上行链路的、反向通信链路。

- 20 本实施例中的通信系统具有通过, 根据发送路径环境的质量, 自适应地改变调制系统, 增加上行链路上的通信发送容量的配置。在本实施例中, 假设自适应地在两种类型的调制系统之间来回切换, 和在各自调制系统的平均信号点距离 D_a 和 D_b 之间, 关系式 $D_a > D_b$ 成立。在这种情况下, 当假设两个系统具有相同的调制频带时, 存在调制系统 B 一般说来具有比调制系统 A 更高的传输速率和更大的所需 C/N (实现相同位错率所需的 C/N 值)。作为特
- 25 例, 假设 QPSK 为调制系统 A 和 16-值 QAM 为调制系统 B。

- 30 在图 15 中, 通信设备 1000 主要由无线电接收部分 1001、自适应调制控制器 1002、编码器 1003、自适应调制器 1004 和无线电发送部分 1005 构成。另一方面, 通信设备 1100 主要由无线电接收部分 1101、解调器 1102、位判决部分 1103、错误检测部分 1104 和无线电发送部分 1105 构成。此外, 错误检测部分 1104 主要由模拟错误检测器 1106、错误检测器 1107 和检测结果输出部分 1108 构成。

这里，假设利用抗错能力比当前正用于通信的调制系统低的调制系统发送数据，除了与估计模拟位错率的实施例 1 的位错率估计部分 13 不同，模拟错误检测器 1106 不估计位错率，而是估计位错误之外，模拟错误检测器 1106 具有与实施例 1 的位错率估计部分 13 相似的配置。

5 模拟错误检测器 1106 具有如图 16 所示的配置。也就是说，平均信号点幅度计算部分 1201 利用从解调器 1102(图 15)依次输入的正交 IQ 矢量信息，检测 IQ 平面上的平均幅度，并且，把平均幅度输出到阈值计算部分 1202。这里，与实施例 1 的情况一样，假设平均幅度不是指 IQ 矢量的长度，而是 I 和 Q 的矢量分量，也就是说，相对于 Q-轴的距离和相对于 I-轴的距离。

10 当根据抗错能力比当前正用于通信的调制系统低的调制系统发送数据时，阈值计算部分 1202 从平均幅度中计算可以正确接收信号的信号点位置的范围，并且把计算结果输出到错误判决部分 1204。

缓冲器 1203 临时存储从解调器 1102 输入的正交 IQ 矢量的信息，并且把它输出到错误判决部分 1204。

15 错误判决部分 1204 从平均幅度中设置当根据抗错能力比当前正用于通信的调制系统低的调制系统发送数据时，可以正确接收信号的信号点位置的范围，和进行判决，并且，当在这个范围中没有找到解调接收信号的 IQ 矢量时，错误判决部分 1204 判定出现了错误，和假设根据抗错能力比当前正用于通信的调制系统低的调制系统发送数据，那么，用模拟方法进行错误判决。

20 更具体地说，错误判决部分 1204 判决 QPSK 调制信号的正交 IQ 矢量信息的 I 和 Q 分量的幅度值是否在阈值范围内，从而，用模拟方法对 16-值 QAM 信号（的幅度位）作出错误判决。

其结果是，对于图 16 所示的配置，可以获得与在实施例 1 中说明的位错率估计部分 13 的那些相似的效果。

25 返回到图 15，再次说明这个实施例的通信系统 900。无线电接收部分 1001 接收无线电信号，放大、频率转换和解调该无线电信号，并且，把包含在获得的接收信号中的 ACK 信号或 NACK 信号发送到自适应调制控制器 1002。这里，ACK 信号是指示已经正确接收到发送数据的信号，和 NACK 信号是指示发送数据包含错误和不能被正确接收的信号。例如，无线电接收部分 1001
30 接收从通信设备 1100 发送的 16-值 QAM 通信确认信号（ACK 信号或 NACK 信号），并且把接收结果发送到自适应调制控制器 1002。

自适应调制控制器 1002 从 ACK 信号和 NACK 信号中判决是否改变调制系统，并且把改变调制系统的指令输出到编码器 1003 和自适应调制器 1004。更具体地说，自适应调制控制器 1002 从接收 ACK 信号和 NACK 信号的次数中计算 NACK 信号的频率，并且，根据 NACK 信号的频率，判决是否改变调制系统。

例如，当根据 16-值 QAM 信号调制数据和发送它时，自适应调制控制器 1002 在 NACK 的频率在过去的 10 个脉冲串中下降到低于预定次数时，判定下行链路的通信质量是好的，并且选择 16-值 QAM 调制系统。此外，当 NACK 的频率超过预定次数时，自适应调制控制器 1002 判定下行链路的通信质量差的，并且选择 QPSK 调制系统。

编码器 1003 让要发送的数据经历错误检测/编码，并且把它输出到自适应调制器 1004。例如，编码器 1003 对要发送的数据进行 CRC-编码。然后，当从自适应调制控制器 1002 接收改变调制系统的指令时，编码器 1003 根据要根据要使用的调制系统发送的数据的位数，改变要编码的数据的位数。

自适应调制器 1004 调制由编码器 1003 编码的数据，并且，把它输出到无线电发送部分 1005。然后，自适应调制器 1004 根据从自适应调制控制器 1002 输出的改变调制系统的指令，改变数据的调制系统。无线电发送部分 1005 把自适应调制器 1004 调制的数据转换成无线电频率，放大和发送获得的无线电信号。

无线电接收部分 1101 接收和放大无线电信号，把它转换成基带频率，并且把获得的接收信号输出到解调器 1102。

解调器 1102 根据通信设备 1000 调制发送数据时使用的调制系统，解调从无线电接收部分 1101 输出的接收信号。把通过解调处理获得的接收信号的码元的 IQ 矢量输出到用模拟方法估计根据 16-值 QAM 调制和发送的信号的通信质量的模拟错误检测器 1106。此外，把解调结果输出到位判决部分 1103。位判决部分 1103 对从解调器 1102 输出的解调结果进行硬判决，并且把硬判决结果输出到错误检测器 1107。

错误检测器 1107 通过利用，例如，CRC 的错误检测处理，检测接收信号的错误率，并且，把检测结果输出到检测结果输出部分 1108。另一方面，模拟错误检测器 1106 从解调器 1102 输出的接收信号的码元的 IQ 矢量中，估计当根据在当前接收状况下可以发生改变的调制系统发送数据时，在接收期

间是否出现了错误,并且,把估计的检测结果显示到检测结果输出部分 1108。

更具体地说,当接收根据 16-值 QAM 调制的信号时,错误检测部分 1104 通过错误检测器 1107,利用解调结果直接检测 16-值 QAM 的错误。另一方面,当接收根据 QPSK 调制的信号时,错误检测部分 1104 通过模拟错误检测器 1106,利用接收信号的信号点的 IQ 矢量信息,用模拟方法估计如果在相同接收状况下,根据 16-值 QAM 发送数据,那么,是否会出现错误,并且,输出估计结果,作为模拟错误检测结果。

当根据抗错能力低的调制系统发送数据时,检测结果输出部分 1108 把通过错误检测器 1107 的错误检测结果输出到无线电发送部分 1105。另一方面,当根据抗错能力高的调制系统发送数据时,检测结果输出部分 1108 把通过模拟错误检测器 1106 的模拟错误检测结果输出到无线电发送部分 1105。

更具体地说,在 16-值 QAM 的情况中,检测结果输出部分 1108 输出错误检测器 1107 获得的错误检测结果,和在 QPSK 的情况下,检测结果输出部分 1108 输出模拟错误检测器 1106 获得的模拟错误检测结果,因此,在这规程情况下,检测结果输出部分 1108 输出检测结果,作为 16-值 QAM 错误检测结果。

无线电发送部分 1105 调制检测结果输出部分 1108 输出的错误检测结果,将其转换成无线电频率,放大和发送获得的无线电信号。例如,无线电发送部分 1105 根据 16-值 QAM 错误检测结果,通过上行链路,发送基于 16-值 QAM 调制系统的通信确认信号 (ACK/NACK)。这里,假设 ACK 指示发送已经取得成功,和 NACK 指示发送失败。

接着,说明根据这个实施例的通信系统 900 的操作。

首先,说明通信设备 1100 接收 QPSK 调制信号的情况。此时,检测结果输出部分 1108 输出模拟错误检测器 1106 获得的与 16-值 QAM 有关的模拟错误检测结果。无线电发送部分 1105 根据这个模拟错误检测结果,发送有关 16-值 QAM 信号的 ACK/NACK 信号。

当 ACK 信号的频率高于预定值时,通信设备 1000 把调制系统从 QPSK 调制改变成 16-值 QAM。相反,当 NACK 的频率高于预定值时,通信设备 1000 继续把 QPSK 调制用作调制系统。

然后,说明通信设备 1100 接收 16-值 QAM 调制信号的情况。此时,检测结果输出部分 1108 输出错误检测器 1107 获得的与 16-值 QAM 有关的实际

错误检测结果。无线电发送部分 1105 根据这个这个实际错误检测结果，发送有关 16-值 QAM 信号的 ACK/NACK 信号。

当 ACK 信号的频率高于预定值时，通信设备 1000 继续把 16-值 QAM 用作调制系统。相反，当 NACK 的频率高于预定值时，通信设备 1000 继续把
5 调制系统从 16-值 QAM 改变成 QPSK 调制。

因此，在把用于通信设备 1000 的自适应调制的调制系统从 QPSK 调制改变成 16-值 QAM 之前，可以获得有关适合于 16-值 QAM 通信的通信环境是否存在的适当信息。

根据上述配置，通过把根据本发明的通信质量估计方法应用于进行自适应调制和自动重复请求的通信系统，和通过把假设将调制系统改变成位错率
10 比当前用在通信中的调制系统高的调制系统获得的通信质量通知通信伙伴，在转换调制系统之前，可以判定如果将调制系统改变成位错率比当前用于通信的调制系统的位错率高的调制系统，在接收数据中是否会出现错误。结果是，可以进行适当的转换处理，而不会增加与转换有关的发送错误。

顺便提一下，当根据 QPSK 发送信号时，对与是否对通过 QPSK 发送的信号
15 的解调结果本身进行错误检测或是否发送通信确认信号有关的操作没有什么特别的约束。

此外，当应用于通过上行链路发送通信确认信号和进行自动重复请求（ARQ）的通信系统时，还可以发送用于通信的调制系统中的错误检测结果
20 和基于在 ACK 发送期间要把调制系统改变成它的调制系统的模拟错误检测结果两者。此外，对发送错误检测结果和模拟错误检测结果的方法没有特别限制。其结果可以通过不同通信路径来发送，或者，可以被多路复用之后，通过单条通信路径来发送。此外，帧结构等也没有受到特别限制。

此外，根据本实施例的用于上行链路发送的调制系统没有受到特别限制，
25 最好使用当发送 ACK 信号时，能够足够保证通信可靠性的调制系统。

（实施例 6）

这个实施例提出了用于当通过根据实施例 5 的通信设备 1000 和通信设备 1100 之间的下行链路，根据自适应调制进行通信时，要通信的数据经受纠错
编码处理的系统的优选配置。

图 17 显示了根据本发明实施例 6 的通信系统 1300 的配置。但是，把与
30 图 15 中那些相同的标号指定给与图 15 中那些相同的部件，并且，略去对它

们的详细说明。图 17 中的通信设备 1400 与图 15 中的通信设备 1000 的不同之处在于，它包括纠错编码器 1401，并且，把自适应调制应用于纠错编码发送数据。

此外，图 17 中的通信设备 1500 与图 15 中的通信设备 1100 的不同之处在于，它包括纠错解码器 1501 和错误检测部分 1502，并且，当将调制系统改变成位错率比当前正用于通信和调制系统的位错率高的调制系统时，计数接收数据中出现错误的频率和判决这个频率是否落在可纠错范围之内。此外，错误检测部分 1502 主要由模拟错误检测器 1503、错误检测器 1107、和检测结果输出部分 1108 构成。

在通信设备 1400 中，编码器 1003 对要发送的数据进行错误检测编码，和把数据输出到纠错编码器 1401。例如，编码器 1003 对要发送的数据进行 CRC 编码。然后，当编码器 1003 从自适应调制控制器 1002 接收到改变调制系统的指令时，它根据要使用的调制系统发送的数据的位数改变要经过编码处理的数据的位数。

纠错编码器 1401 对在编码器 1003 上编码的数据进行纠错编码，并且，把数据输出到自适应调制器 1004。块编码或卷积编码等可以用于这个纠错编码。这个实施例将把 BCH（博斯-乔赫里-霍克文黑姆编码）（63，51）作为一个例子加以描述，BCH（63，51）是一种块编码。这种编码将 12 个奇偶校验位加入 15 个位的每个输入位块中，输出 63-位块，从而，提供在解码期间，在该块中多达 2 个位的错误可被纠正的代码。

另一方面，通信设备 1500 的纠错解码器 1501 对在位判决部分 1103 上获得的硬判决结果进行纠错解码，并且，把解码结果输出到模拟错误检测器 1503 和错误检测器 1107。这种纠错解码是与通信设备 1400 的纠错编码器 1401 进行的编码相对应的解码处理，在本实施例中，与 BCH（63，51）的解码处理相对应。也就是说，对 63 个位的每个输入位块进行纠错解码处理，输出 51-位块的解码数据。

然后，说明这个实施例的模拟错误检测器 1503 的配置。图 18 显示了本实施例的模拟错误检测器 1503 的配置，把与图 16 中那些相同的标号指定给与图 16 中那些相同的部件，并且，略去对它们的详细说明。模拟错误检测器 1503 与图 16 中的模拟错误检测器 1106 的不同之处在于，它包括错误计数器 1601 和模拟解码错误检测器 1602，并且，根据要把调制系统改变成它的调制

系统下实际接收信号的码元的位置和码元的分布，在根据要把调制系统改变成它的调制系统进行通信的假定下，用模拟方法检测错误，和判决估计的错误是否可通过纠错解码来纠正。

在这个实施例中，通信设备 1400 首先对发送数据应用利用 CRC 代码的错误检测编码，然后，应用利用 BCH (63, 51) 代码的纠错编码。因此，通过对纠错解码结果进行基于 CRC 代码的错误检测处理，获得错误检测结果，可以检测到在利用 BCH 代码的纠错解码处理中因遗漏而未得到纠正的剩余错误。

错误计数器 1601 计数每预定位段，在错误判决部分 1204 上被判定为错误的位数，并且，输出计数结果。这个实施例假设预定位段是与 BCH (63, 51) 代码的 1 个编码块相对应的 63-位段。

模拟解码错误检测器 1602 接收来自错误计数器 1601 的计数值和来自纠错解码器 1501 的可纠错位数，判决每个预定位段中由错误计数器 1601 计数的错误位数是否是可纠正的，并且，输出判决结果。

更具体地说，例如，当计数的错误位数等于或小于可通过纠错解码处理纠错的位数时，模拟解码错误检测器 1602 判定当把调制系统改变成位错率比当前正用于通信的调制系统的位错率高的调制系统时，在接收数据中将不出现错误。相反，当计数的错误位数大于可纠错位数时，模拟解码错误检测器 1602 判定当把调制系统改变成位错率比当前正用于通信的调制系统的位错率高的调制系统时，在接收数据中将出现错误。

更具体地说，当错误计数器 1601 计数的、对于每个 BCH 码块被判决为错误的位数对应于与 BCH (63, 51) 代码的可纠错位数相对应的 2 个位或更少时，模拟解码错误检测器 1602 判定这个块的错误将得到纠正。反之，当计数的被判决为错误的位数超过 2 个位时，模拟解码错误检测器 1602 判定这个块的错误不能得到纠正，保留着一些错误。

在有关接收帧的所有 BCH 解码的上述判决中，如果在至少一个块中仍然保留着错误，那么，模拟解码错误检测器 1602 判定在这个帧中出现了错误。当甚至在一个块中也没有保留错误时，模拟解码错误检测器 1602 判定没有出现帧错误。输出上述判决结果，作为模拟错误检测结果。

因此，当把调制系统改变成位错率比当前正用于通信的调制系统的位错率高的调制系统时，本实施例的通信设备计数接收数据中出现错误的频率，

并且,判决这个频率是否范在可纠错范围之内,从而,当把调制系统改变成位错率比当前正用于通信的调制系统的位错率高的调制系统时,在改变调制系统之前,在利用纠错编码的通信的情况中,也可以判决在接收数据中是否将出现错误。

- 5 更具体地说,当本实施例的通信设备 1500 接收 QPSK 调制信号,并且,估计当通过相同发送路径,根据 16-值 QAM 通信数据时,是否会出现错误,通信设备 1500 可以通过估计是否会出现纠错能力之外的错误,用模拟方法检测纠错之后的残余错误。

- 10 结果是,甚至在利用纠错编码的通信系统中,当发送方将调制系统从 QPSK 调制系统改变成 16-值 QAM 调制系统时,通过根据纠错解码之后的错误检测结果,改变调制系统,也可以进行适当的转换,而不会增加与转换有关的发送错误。

- 15 顺便提一下,本实施例假设了数个 BCH 块存在于接收帧中,并且,作为对残余错误进行模拟检测的条件,甚至在该帧的一个块中检测到模拟错误,也判定出现了残余错误,但是,本发明不局限于此,也可以采用以这样的方式,即,系统检测,例如,每个 BCH 块中的残余错误,和以 BCH 块为单位使用块错误的频率的配置。

(其它实施例)

- 20 上述实施例已经描述了当接收到基于 QPSK 调制系统的信号时,用模拟方法估计 16-值 QAM 信号的通信质量,或当接收到 16-值 QAM 信号时,用模拟方法估计 64-值 QAM 信号的通信质量的情况,但是,本发明不局限于此,本发明可应用于用模拟方法估计抗错能力低于用于通信的调制系统的抗错能力的调制系统的通信质量的任何情况。

- 25 更具体地说,可以对关系式 $D_a > D_b$ 成立的任何调制系统,用模拟方法估计通信质量,其中, D_a 是用于通信的调制系统的信号点之间的平均距离,和 D_b 是要用模拟方法估计通信质量的调制系统的信号点之间的平均距离。

- 30 例如,实施例 1 也可应用在接收与通信之中的调制系统相对应的、代替 QPSK 调制信号的、诸如 BPSK (双相移键控) 调制信号、 $\pi/4$ -移动 DQPSK (差分四相移键控) 调制信号、MSK (最小移频键控) 调制信号、GMSK (高斯最小移频键控) 调制信号和 GFSK (高斯频移键控) 调制信号之类的、距离大于 16-值 QAM 的距离的调制信号的情况中。此外,本发明也可应用在用

模拟方法估计具有 16 个或更多个值的多值 QAM 和具有 8 个或更多个值的 PSK 调制信号的通信质量的情况中。

当接收 $\pi/4$ -移动 DQPSK 调制信号或差分编码 GMSK 调制信号时, 通过接收信号的延迟检测获得与 QPSK 调制信号的正交 IQ 矢量类似的正交 IQ 矢量, 因此, 把与上述实施例的处理相同的处理应用于这个正交 IQ 矢量可以用模拟方法估计 16-值 QAM 的接收位错率和位错误。在这种情况下, 与同步检测相比 (更具体地说, 在所需的 C/N 上为 3dB), 已知延迟检测的错误特性变差了, 因此, 也可以据此纠正 BER 估计值, 或根据 NACK 的频率纠正用于转换控制的判决准则。

这里, 将利用图 19、图 20 和图 21 说明根据发送的 16-值 QAM 信号的点位置, 用模拟方法估计根据 64-值 QAM 调制的信号的通信质量的情况。

图 19 显示了模拟错误检测器 1700 的配置。与图 16 所示的模拟错误检测器 1106 相比, 除了在每个块中的处理不同之外, 模拟错误检测器 1700 具有相同的配置。

平均信号点幅度计算部分 1701 利用从解调器 1102 (图 15) 依次输入的正交 IQ 矢量信息, 检测 IQ 平面上接收 16-值 QAM 信号的平均幅度, 并且把平均幅度输出到阈值计算部分 1702。例如, 平均信号点幅度计算部分 1701 计算每个 16-值 QAM 输入信号点的 I 和 Q 分量的绝对值的平均值, 并且把这个平均值当作平均幅度。

阈值计算部分 1702 根据当利用与接收 16-值 QAM 调制信号时的功率相同的接收功率接收 16-值 QAM 信号时, IQ 平面上 64-值 QAM 信号的理论分布状态、和在平均信号点幅度计算部分 1701 上检测的平均信号点幅度, 为 64-值 QAM 信号计算数个阈值 ths 。

缓冲器 1703 临时存储从解调器 1102 (图 15) 输入的有关正交 IQ 矢量的信息, 并且把它输出到错误判决部分 1704。

错误判决部分 1704 判决 16-值 QAM 调制信号的正交 IQ 矢量信息的 I 和 Q 分量的幅度值是否落在阈值 ths 的范围之内, 从而, 用模拟方法对 64-值 QAM 信号 (幅度位) 进行错误判决。

图 20 显示了 16-值 QAM 调制系统和 64-值 QAM 调制系统的信号点配置的例子。在图 20 所示的例子中, 错误检测是在接收与 16-值 QAM 信号具有相同功率的 64-值 QAM 信号的假定下进行的。在图 20 中, 假设 16-值 QAM

调制信号的平均信号点调制矢量是 (a, a) , 64-值 QAM 信号的每个信号点的 I 和 Q 分量取 8 个值 $\pm a/\sqrt{21}$ 、 $\pm 3a/\sqrt{21}$ 、 $\pm 5a/\sqrt{21}$ 、和 $\pm 7a/\sqrt{21}$ 。

如图 21 所示, 阈值计算部分 1702 把阈值设置在位于与 16-值 QAM 信号的各自信号点相距 $a/\sqrt{21}$ 的 $a/\sqrt{5} \pm a/\sqrt{21}$ 、和 $3a/\sqrt{5} \pm a/\sqrt{21}$ 上。

- 5 错误判决部分 1704 利用这个阈值, 并且, 当在与 16-值 QAM 信号点相距阈值 th_s 设置的范围之外的区域中找到依次输入的 I 和 Q 分量时, 也就是说, 当 I 和 Q 分量进入图 21 所示的区域 AR 中时, 用模拟方法判定已经出现了幅度判决错误, 并且, 输出判决结果, 作为模拟错误检测结果。

- 10 此外, 上述实施例利用接收调制信号的 IQ 矢量, 确定了模拟位错率和位错误, 但是, 当把导频码元或独特字码元段插入接收脉冲串中时, 也可以使用这个段中的矢量来取代诸如 QPSK 和 BPSK 之类基于 PSK 的调制信号。

- 此外, 上述实施例 1 把 $\pm(1 - 1/\sqrt{5})a$ 的值用作阈值, 为 QPSK 调制信号的平均信号点幅度 a 判决阈值判决错误, 这是因为实施例 1 采用了利用相同的功率, 即, 相同的平均有效幅度发送 QPSK 信号和 16-值 QAM 信号的系统。因此, 如果用不同的发送功率值发送 QPSK 信号和 16-值 QAM 信号, 那么, 阈值不局限于此, 显而易见, 如果事先可以估计发送功率值的差值, 那么, 可以根据这个差值设置阈值。例如, 如图 22 所示, 在 QPSK 信号的平均信号点与 16-值 QAM 信号的信号点幅度相一致的通信系统的情况中 (○表示 QPSK 的平均信号点, 和 ●表示 16-值 QAM 信号的分布位置), 可以把上述阈
- 15 值设置成 $\pm(2/3)a$ 。

- 同样, 上述实施例 2 把 $\pm(1 \pm 1/\sqrt{21})a$ 的值用作阈值, 为平均信号点幅度 a 判决阈值判决错误, 这是因为实施例 2 采用了利用相同的功率, 即, 相同的平均有效幅度发送 QPSK 信号和 16-值 QAM 信号的系统。因此, 如果用不同的发送功率值发送 QPSK 信号和 16-值 QAM 信号, 那么, 阈值不局限于此, 显而易见, 如果事先可以估计发送功率值的差值, 那么, 可以根据这个差值设置阈值。
- 25

- 此外, 上述实施例 1 已经描述了根据表达式 (6) 计算最终模拟位错率 Pe 的情况, 但是, 本发明不局限于此, 并且, 在只需要要计算的模拟位错率的估计值的系统的情况中, 可以输出从表达式 (3) 中确定的阈值判决位错率 Pa , 作为 16-值 QAM 信号的最终模拟位错率。
- 30

此外, 上述实施例 1 已经描述了确定阈值判决位错率 Pa , 然后, 根据这

个值确定 16-值 QAM 的模拟位错率 P_e 的情况,但是,计算顺序不局限于此,唯一必要的是最后获得与表达式(6)相同的结果。因此,可以根据下列表达式(11),从差值判决错误计数中计算,例如,16-值 QAM 信号中的总位错误计数 N_e ,并且,根据表达式(12)把 N_e 除以 16-值 QAM 信号的总位计数

5 $N_b (=2 \times N = 4 \times N_{\text{sym}})$ 。

$$N_e = 1.5 \times N_a \quad \dots (11)$$

$$P_e = \pi / N_b$$

$$= (1.5 \times N_a) / (2 \times N)$$

$$= 0.75 \times N_a / N \quad \dots (12)$$

10 此外,上述实施例 1 采用了对于 QPSK 调制信号的平均信号点幅度 a ,把判决阈值判决错误的阈值设置成值 $\pm (1 - 1/\sqrt{5}) a$,和在当接收码元的 IQ 矢量满足表达式(1)或表达式(2)的条件时,出现幅度判决错误的假定下,把计数器加 1 的配置,但是,本发明不局限于此。也可以采用,例如,对于 I-轴方向和 Q-轴方向的各自分量,进一步把值 $(1 + 1/\sqrt{5}) a$ 设置成阈值 ths_i2
15 和 ths_q2 ,在它们各自的阈值判决错误已经出现的假定下,当接收码元的 IQ 矢量 $\text{rx} = (r_i, r_q)$ 满足下列表达式(13)或表达式(14)时,也把计数器加 1,和计算幅度判决位错率 P_a' 的配置。在这种情况下,下列表达式(15)可以用来取代表达式(5)去纠正位错率:

$$r_i < -\text{ths_i2} \text{ 或 } \text{ths_i2} < r_i \quad \dots (13)$$

$$20 \quad r_q < -\text{ths_q2} \text{ 或 } \text{ths_q2} < r_q \quad \dots (14)$$

$$P_e = (3/8) \times P_a' \quad \dots (15)$$

同样,上述实施例 2 采用了对于 QPSK 调制信号的平均信号点幅度 a ,把判决阈值判决错误的阈值设置成值 $\pm (1 \pm 1/\sqrt{21}) a$,和在当接收码元的 IQ 矢量进入图 12 所示的阴影区时,出现幅度判决错误的假定下,把计数器加 1
25 的配置,但是,本发明不局限于此。例如,也可以采用对于 I-轴方向和 Q-轴方向的各自分量,把阈值 ths_i2 和 ths_q2 只设置成 $(1 - 1/\sqrt{21}) a$,在它们各自的阈值判决错误已经出现的假定下,当接收码元的 IQ 矢量 $\text{rx} = (r_i, r_q)$ 满足下列表达式(16)或表达式(17)时,把计数器加 1,和计算幅度判决位错率 P_a'' 的配置。在这种情况下,下列表达式(18)可以用来取代表达式(10)
30 去纠正位错率:

$$-\text{ths_i2} < r_i < \text{ths_i2} \quad \dots (16)$$

$$-ths_q2\ r_q < ths_q2 \quad \dots (17)$$

$$Pe = (7/12) \times Pa \quad \dots (18)$$

此外，上述实施例已经描述了与 I-轴和 Q-轴平行地设置计算模拟位错率或位错误的阈值的情况，但是，本发明不局限于此。例如，不是与 I-轴和 Q-轴平行地设置阈值，而是也可以沿着中心在图 23 所示的原点的轴的旋转方向把阈值设置成预定相位条件。在接收多相 PSK 调制信号的假定下，这不仅可以通过估计多值 QAM，而且可以估计模拟位错率或位错误。顺便提一下，图 23 中的○表示 QPSK 信号码元，和●表示 8PSK 信号码元。在这种情况下，可以通过把阈值设置在图中虚线表示的旋转位置上和计算接收 QPSK 信号超过这个阈值（或，它是否已经超过阈值）的比率，为 8PSK 信号计算模拟位错率（或模拟错误）。

此外，作为一个例子，上述实施例已经描述了计算作为通信质量的模拟位错率的配置，但是，本发明不局限于此，也可以采用，例如，用模拟方法检测在预定帧中是否出现位错误，来代替检测位错率的配置。

此外，本发明易于修改，使实施例 6 中的纠错编码可应用于上述实施例 5 的配置。在这种情况下，更准确地说，在利用 64-值 QAM 将出现幅度判决位错误的概率 Pa 与总 64-值 QAM 位错误概率 Pe 之间，实施例 2 中说明的表达式（10）中的关系成立。

当幅度判决错误的个数是 6 或更少时，在整个 64-值 QAM 中位错误的个数少于 2 的概率很高。因此，可以采用当错误个数多达 6 个时，判定在纠错块中没有出现残余位错误，而当错误个数超过 6 个时，判定出现残余位错误的配置。

此外，上述实施例 5 和 6 没有具体描述由于某些影响，通信设备 1000 和 1400 未能在上行链路上接收到通信确认信号的情况，但是，也可以仿佛已经接收到 NACK 似的，管理这种情况，或者，假设通信被禁止，忽略它。

此外，上述实施例假定了用于解码的代码是 BCH 代码，但是，本发明不局限于此，显而易见，其它块码也是可应用的。此外，即使使用了传统代码或涡式码，如果可以根据检测到的错误的个数和检测位置估计错误是否是可纠正的，那么，也可以进行模拟错误检测。更具体地说，可以从编码生成多项式的模式和错误位置中事先估计是否可以纠错，因此，这种关系可以制成表格事先提供。

此外,当在上述实施例3到6中,在下行链路上根据自适应调制进行通信时,通信设备1100和1500在接收/解调期间识别调制系统,但是,本发明不局限于这种方法。因此,也可以采用在通信过程中把调制系统标识码元插入脉冲串中和使用它的方法,或使用通信设备1100和1500自动识别调制系统,而不使用预定标识信息的方法,即,所谓的盲识别法。

另外,上述实施例没有描述除了在发送器/接收器中描述的部件之外的部分,这是因为对它们没有特别限制。例如,发送数据的交织处理和脉冲串配置处理等可以存在于,也可以不存在于设备之中。

上述实施例3到6已经描述了QPSK和16-值QAM是下行链路上用于自适应调制的调制系统。但是,本发明不局限于此,也可应用各种各样的调制系统。另外,本发明不局限于两种类型的调制系统,也可以采用在数种类型的调制系统之间自适应切换的系统。

例如,在如果 $D_a > D_b > D_c$ 的关系成立,那么,信号点之间的平均距离是 D_c 的第三调制系统C的假定下,本发明也可应用于在三种类型的调制系统A、B和C之间进行自适应调制转换的情况。

更具体地说,当调制系统A是QPSK,调制系统B是16-值QAM和调制系统C是64-值QAM时,可以采用在调制系统A的接收期间,进行调制系统B的模拟错误检测,和在调制系统B的接收期间,进行调制系统C的模拟错误检测的配置。也可以在调制系统C的接收期间,只进行调制系统C的模拟错误检测,和当错误检测的频率超过预定频率时,进行到调制系统B的转换。此外,也可以采用在调制系统A或调制系统B的接收期间,进行调制系统C的模拟错误检测的配置。

此外,对于下行链路和上行链路两者,假设了相同的发送功率,但是,本发明不局限于此,如果事先知道功率值之间的差值,也可以使用不同发送功率值。在那种情况下,由于可以根据有关估计模拟位错率和发送功率差的信息,估计下行链路上的位错率,可以根据这个值选择调制系统。

此外,在实施例6的配置中的目标调制系统不局限于16-值QAM,而是也可应用于其它调制系统。例如,当应用于64-值QAM时,在在64-值QAM下要出现幅度判决位错误的概率 P_a 与总64-值QAM位错误概率 P_e 之间,基于表达式(3)的关系成立。

当幅度判决错误的个数是6或更少时,在整个64-值QAM上位错误的个

数少于 2 的概率很高。由于这个原因，也可以采用当错误个数多达 6 个时，使系统判定在纠错块中没有出现残余位错误，或相反，当错误个数超过 6 个时，判定出现一些残余位错误的配置。

在实施例 1 和 2 所示的估计模拟位错率的配置中，还可以包括上述实施
5 例 6 所示的纠错编码，并且，在这种情况下，可以采用只计数通过上述处理获得的残余位错误和在纠错处理之后，用模拟方法计算位错率的配置。

此外，本发明不受通信系统中的多路复用系统或次级调制系统的限制，但是，本发明也可应用于上述调制系统用于初级调制的时候。例如，本发明也可应用于通过 QPSK 调制或多值 QAM 应用自适应调制，作为初级调制，
10 然后，通过扩频应用码分多址，作为次级调制的系统，也可应用于应用跳频处理，作为次级调制的系统，并且还可应用于应用正交频分多路复用 (OFDM)，作为次级调制的系统。

此外，上述实施例已经描述了本发明应用于无线电通信的情况，但是，本发明不局限于此，也可应用于，例如，光通信等，并且，可广泛应用于通
15 过应用数字调制处理发送数据的设备。

此外，上述实施例已经描述了本发明应用于位错率计算设备 10 计算模拟位错率的情况，但是，本发明不局限于此，不言而喻，也可以采用通过 FPGA (现场可编程门阵列)、ASIC (专用集成电路)、CPU (中央处理单元) 或 DSP (数字信号处理) 等处理这些成分的配置。

20 此外，本发明不局限于上述实施例，而是可以通过各种方式修改这些实施例而得以实现。例如，上述实施例已经描述了通过位错率计算设备、模拟错误检测设备和通信设备实现本发明的通信质量估计方法的情况，但是，本发明不局限于此，也可以通过软件实现位错率计算设备、模拟错误检测设备和通信设备。

25 例如，也可以事先把执行本发明的通信质量估计方法的程序存储在 ROM (只读存储器) 中和使 CPU (中央处理单元) 操作该程序。

此外，也可以事先把执行本发明的通信质量估计方法的程序存储在计算机可读存储媒体中，把存储在存储媒体中的程序记录在计算机的 RAM (随机访问存储器) 中，和使计算机根据程序进行操作。

30 本发明不局限于上述实施例，而是可以通过各种方式修改这些实施例而得以实现。

本发明的通信质量估计方法被设计成包括接收步骤，接收按照第一调制系统数字调制和发送的信号；和通信质量模拟估计步骤，在按照与第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法估计通信质量。

- 5 根据这种方法，可以从按照第一调制系统调制的调制信号中估计根据第二调制系统调制的调制信号的模拟通信质量，这使得无需实际发送调制信号，就可以事先估计根据第二调制系统调制的调制信号的模拟通信质量。

- 10 本发明的通信质量估计方法是以这样的方式采用的，即，通信质量模拟估计步骤包括阈值计算步骤，根据按照第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态，计算 IQ 平面上的阈值；和模拟位错率计算步骤，通过与上述阈值相比较，依次判决第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，计算作为通信质量的、第二数字调制信号的模拟位错率。

- 15 根据这种方法，在阈值计算步骤中，对于第一数字调制信号，在考虑了 IQ 平面上第二数字调制信号的分布状态之后计算新阈值，代替计算传统第一数字调制信号的位错率的阈值。实际上，当第二数字调制信号的位错率高于第一数字调制信号的位错率时，在考虑了第二数字调制信号之后，这个阈值变成具有比用于计算传统第一数字调制信号的位错率的阈值的区域更宽的、
20 把信号判定为位错误的区域的阈值。其结果是，由于在模拟位错率计算步骤中，利用这个阈值计算第二数字调制信号的模拟位错率，因此，可以快速地和精确地计算第二数字调制信号的模拟位错率。

- 25 本发明的通信质量估计方法是以这样的方式采用的，即，通信质量模拟估计步骤包括阈值计算步骤，根据按照第一调制系统数字调制的第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的平均位置、和按照第二调制系统数字调制的第二数字调制信号在 IQ 平面上的码元的理论分布状态，计算 IQ 平面上的阈值；和模拟错误检测步骤，通过与上述阈值相比较，依次判决第一数字调制信号在 IQ 平面上的依次输入码元的位置，在按照第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法检测位错误，和输出检测结果，作为上述
30 通信质量。

根据这种方法，当解调基于第一调制系统的接收信号时，根据 I 和 Q 分

量的平均位置获得 IQ 平面上的阈值,把阈值判决应用于基于第一调制系统的依次接收信号的 I 分量和 Q 分量,和进行基于第二调制系统的信号的模拟错误检测,因此,可以对当通过相同发送路径,按照第二调制系统,而不是按照第一调制系统发送信号时,是否会出现错误作出适当判决。

- 5 在本发明的通信质量估计方法中,第一数字调制信号含有周期性插入的导频信号,并且,在阈值计算步骤中,根据 IQ 平面上导频信号的位置和 IQ 平面上第二数字调制信号的码元的理论分布状态,计算 IQ 平面上的阈值,和在模拟位错率计算步骤(或模拟错误检测步骤)中,与上述阈值进行比较,依次判决 IQ 平面上依次输入导频信号的位置,从而,计算第二数字调制信号的模拟位错率(或位错误)。
- 10

- 在本发明的通信质量估计方法中,第一数字调制信号是把独特字串插入预定位置中的信号,并且,在阈值计算步骤中,根据 IQ 平面上独特字串的位置和 IQ 平面上第二数字调制信号的码元的理论分布状态,计算 IQ 平面上的阈值,和在模拟位错率计算步骤(或模拟错误检测步骤)中,与上述阈值进行比较,依次判决 IQ 平面上依次输入独特字串的位置,从而,计算第二数字调制信号的模拟位错率(或位错误)。
- 15

这些方法根据比其它信号更易于检测的导频信号和独特字串计算阈值和计算模拟位错率(或模拟错误),从而,可以更快速地和更精确地计算第二数字调制信号的模拟位错率(或模拟错误)。

- 20 本发明的通信质量估计方法被设计成包括错误计数步骤,为了纠正信号错误,在预定单位内计数在错误判决步骤中检测的错误的个数;和解码错误检测步骤,当按照第二调制系统发送信号时,根据在错误计数步骤中检测的错误的个数,判决信号是否是可纠错的。

- 根据这种方法,计数在调制系统从第一调制系统改变成第二调制系统的情况下,在接收数据中出现错误的模拟频率,判决这个模拟错误频率是否落在可纠错范围之内,因此,在转换调制系统之前,也可以在利用纠错编码的通信期间,判决当调制系统从第一调制系统改变成第二调制系统时,在接收数据中是否会出现错误。
- 25

- 本发明的通信质量估计设备采用了包括如下部分的配置:接收部分,用于接收按照第一调制系统数字调制和发送的信号;通信质量模拟估计部分,用于在按照与第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定
- 30

下,根据接收的基于第一调制系统的数字调制信号的信号点位置,用模拟方法估计通信质量;和发送部分,用于发送通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量。

这种配置使进行自适应调制的通信对方上的通信设备可以接收模拟通信质量信息,和根据传播路径环境,进行适当调制系统的转换处理。

本发明的通信设备的上述发送部分根据通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量,发送与基于第二调制系统的信号有关的模拟 ACK/NACK 信号。

这种配置使得可以有效地使用本身是用于自动重复请求系统的现有信号的 ACK/NACK 信号,把模拟通信质量信息发送到通信对方的电台中,并且,利用现有 ACK/NACK 信号,还使通信对方的电台可以根据模拟通信质量信息进行自适应调制处理。

本发明的通信系统采用了包括如下部分的配置:可相互通信的第一和第二发送/接收台;配备在第一发送/接收台上的接收部分,用于接收从第二发送/接收台发送的、按照第一调制系统数字调制的第一数字调制信号;配备在第一发送/接收台上的发送部分,用于向第二发送/接收台发送有选择地把第一或第二调制处理应用于发送信号获得的第一或第二数字调制信号;通信质量模拟估计部分,用于根据接收部分接收的、基于第一调制系统的数字调制信号的信号点位置,在按照与第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下,用模拟方法估计通信质量;和调制系统选择部分,用于按照通信质量模拟估计部分获得模拟通信质量,选择发送部分上的调制处理。

根据这种配置,第一发送/接收台的调制系统选择部分可以按照通信质量模拟估计部分快速地和精确地计算的数字调制信号的模拟通信质量,把发送部分的调制处理从第一调制处理改变成第二调制处理。其结果是,第一发送/接收台可以快速地和精确地把位错率低(小通信量)的第一数字调制处理改变成位错率高(大通信量)的第二数字调制处理来发送数据,从而,在保持高通信质量的同时,增加了通信容量。

本发明的通信系统采用了包括如下部分的配置:可相互通信的第一和第二发送/接收台;配备在第一发送/接收台上的接收部分,用于接收从第一发送/接收台发送的、按照第一调制系统数字调制的第一数字调制信号;配备在第一发送/接收台上的发送部分,用于向第二发送/接收台发送有选择地把第一或第二调制处理应用于发送信号获得的第一或第二数字调制信号;配备在第二

发送/接收台上的通信质量模拟估计部分，用于根据接收部分接收的、基于第一调制系统的数字调制信号的信号点位置，在按照与第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法估计通信质量；和配备在第二发送/接收台上的发送部分，用于发送通信质量模拟估计部分获得的模拟通信质量，作为选择配置在第一发送/接收台上的发送部分上的调制处理的选择信号。

根据这种配置，第一发送/接收台的发送部分可以根据第二发送/接收台发送的选择信号，快速地和精确地把调制处理从第一调制处理改变成第二调制处理。其结果是，第一发送/接收台可以快速地和精确地把位错率低（小通信量）的第一数字调制处理改变成位错率高（大通信量）的第二数字调制处理来发送数据，从而，在保持高通信质量的同时，增加了通信容量。

本发明的通信系统的上述第一发送/接收台采用了按照时分双工，通过相同频道进行双向通信的配置。

这种配置使得可以在与发送环境的通信质量相同的通信质量的接收环境下获取模拟通信质量，从而，进行更适合于发送路径环境的调制系统的转换处理，并且，在保持高通信质量的同时，进一步进行调制系统转换处理。

如上所述，本发明根据接收的基于第一调制系统的数字调制信号的信号点位置，在按照与第一调制系统不同的第二调制系统数字调制和发送信号的假定下，用模拟方法估计通信质量，从而，实现了当根据基于位错率低的调制系统的发送信号，按照位错率高的调制系统发送信号时，能够快速地和精确地确定通信质量的通信质量估计方法和通信质量估计设备。

此外，通过把通信质量估计方法和通信质量估计设备应用于进行自适应调制的通信系统，当把调制系统从位错率低的调制系统改变成位错率高的调制系统时，本发明可以进行到适当调制系统的转换。

本申请基于 2001 年 8 月 22 日提出的日本专利申请第 2001-251940 号、2002 年 3 月 13 日提出的日本专利申请第 2002-68831 号、和 2002 年 8 月 1 日提出的日本专利申请第 2002-225203 号，特此全文引用，以供参考。

工业可应用性

本发明最好应用在利用，例如，自适应调制系统的无线电通信系统中。

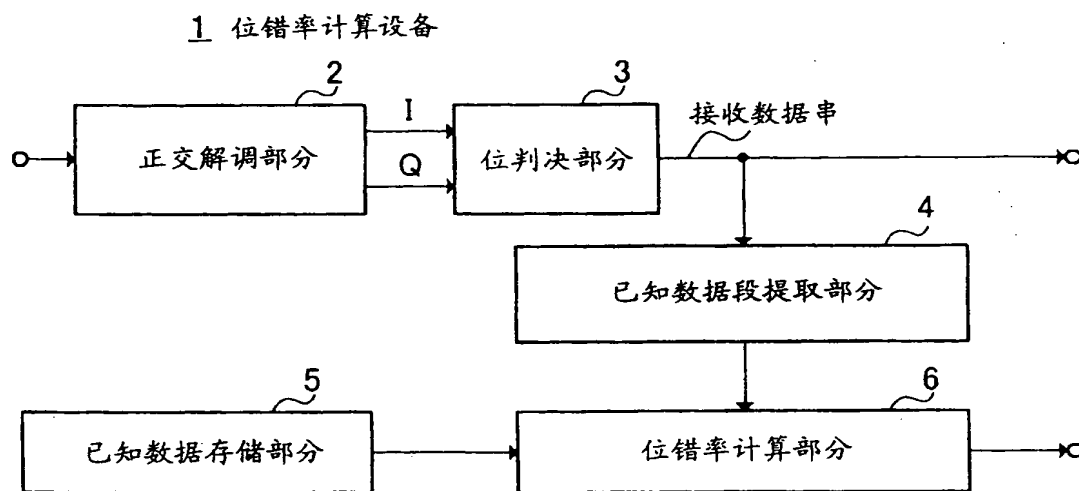


图 1

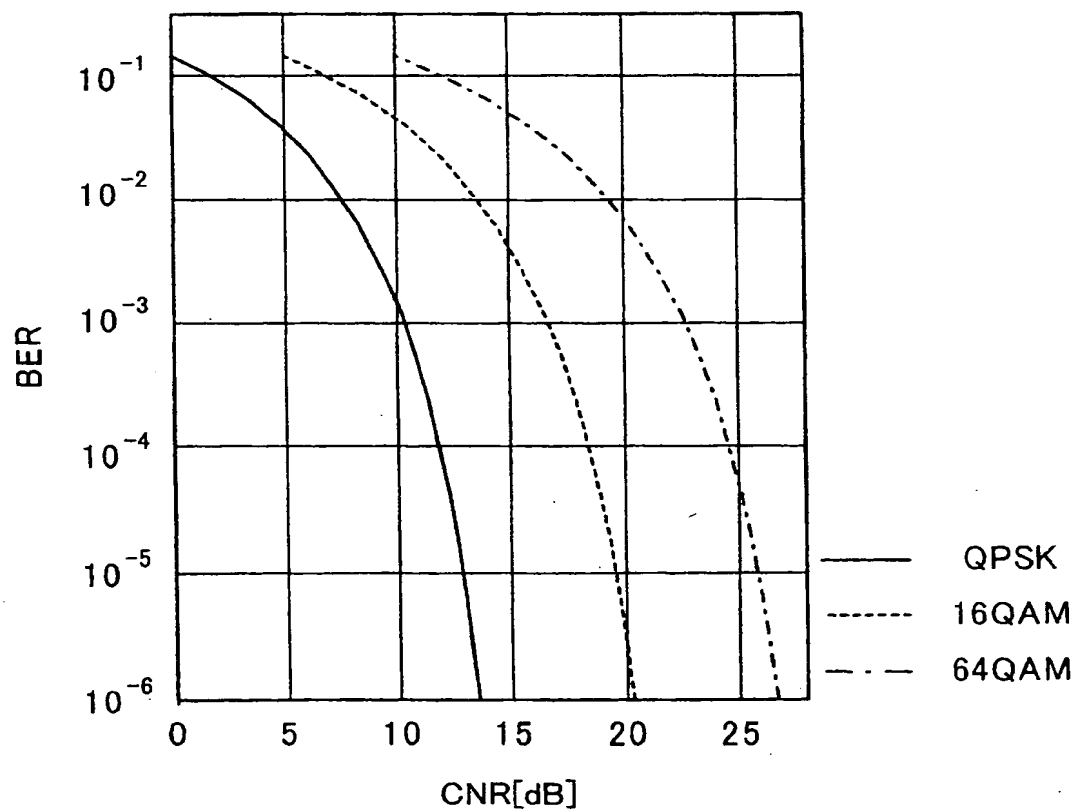


图 2

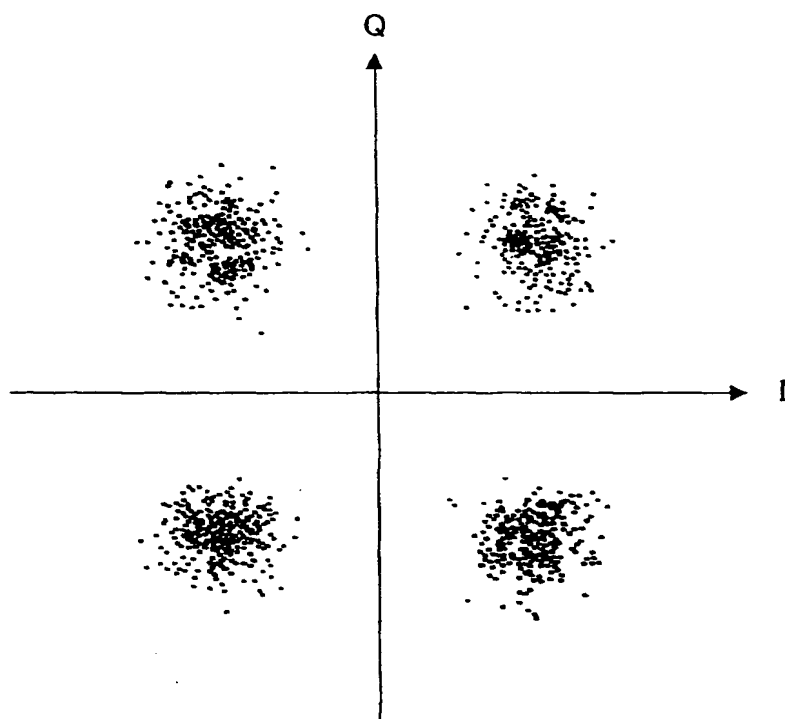


图 3

10 位错率计算设备

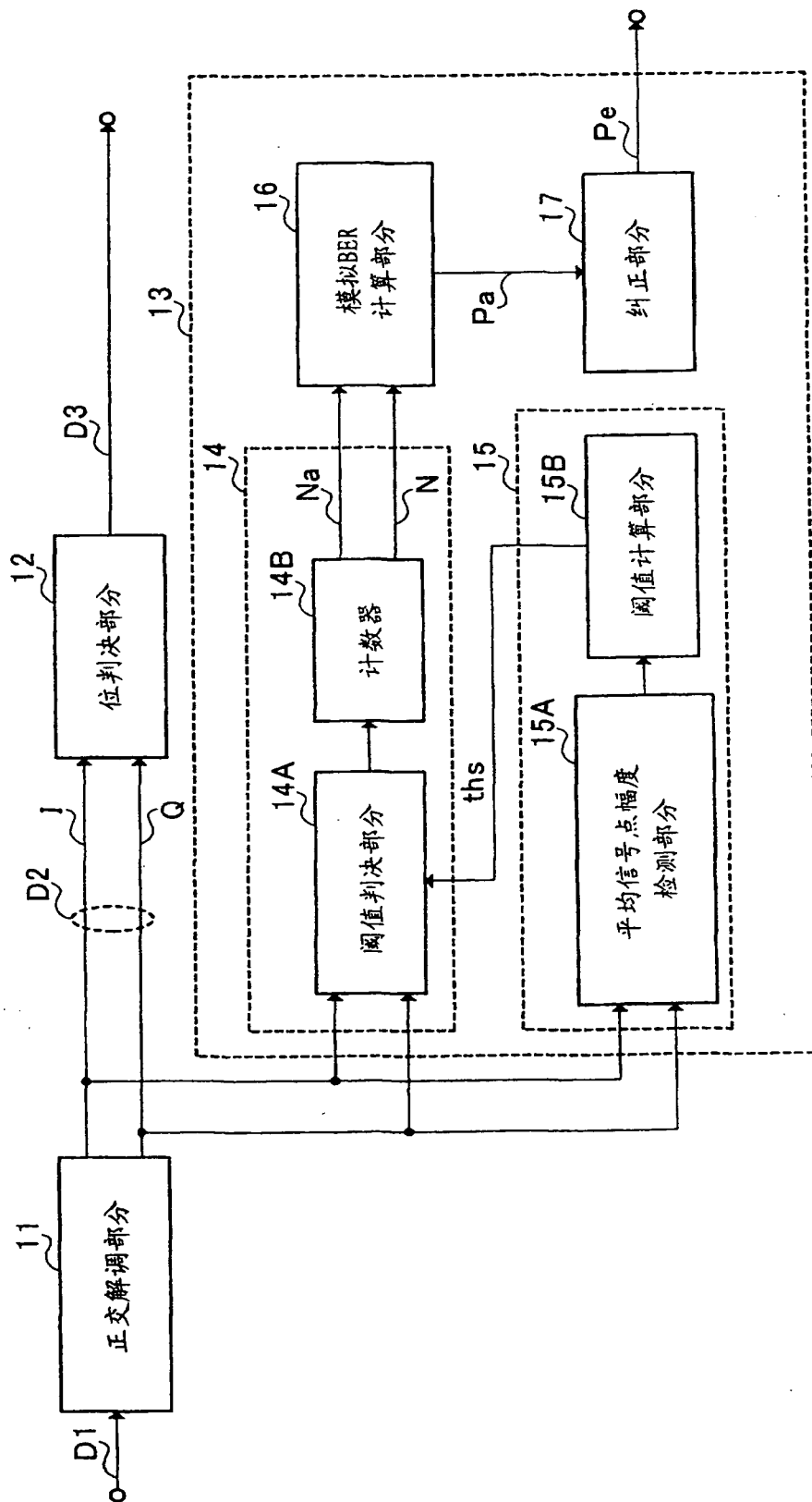


图 4

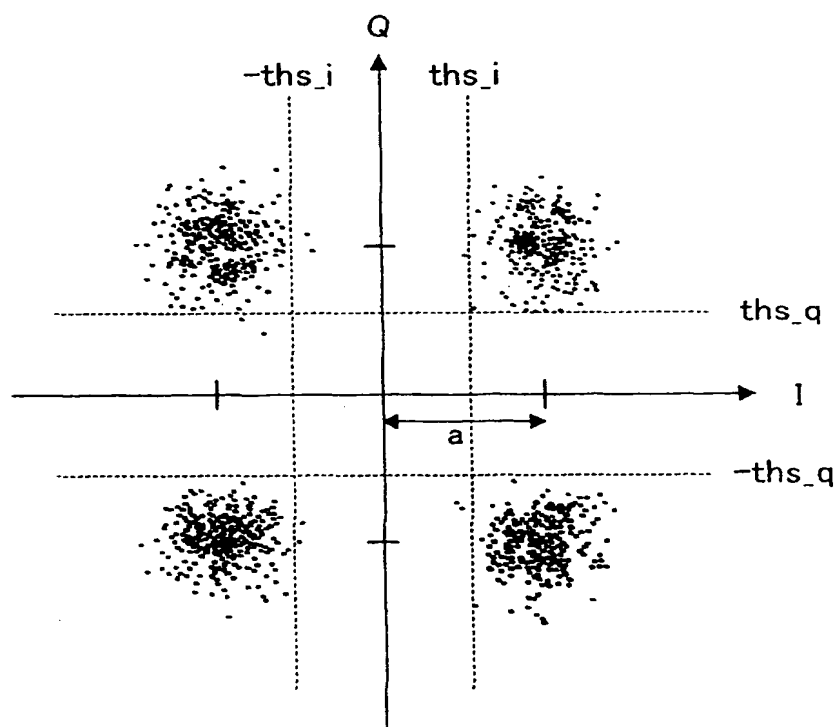


图 5

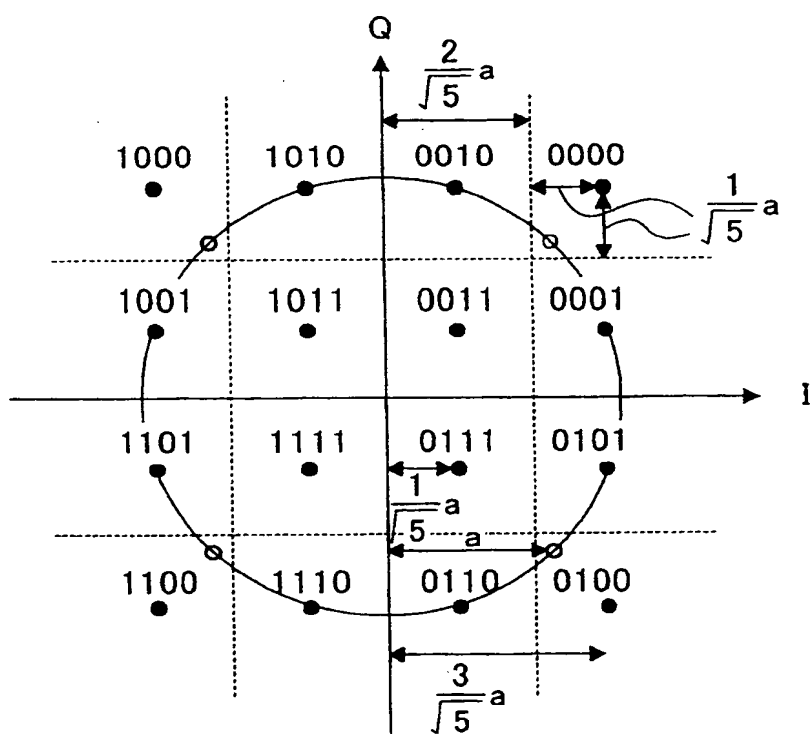


图 6

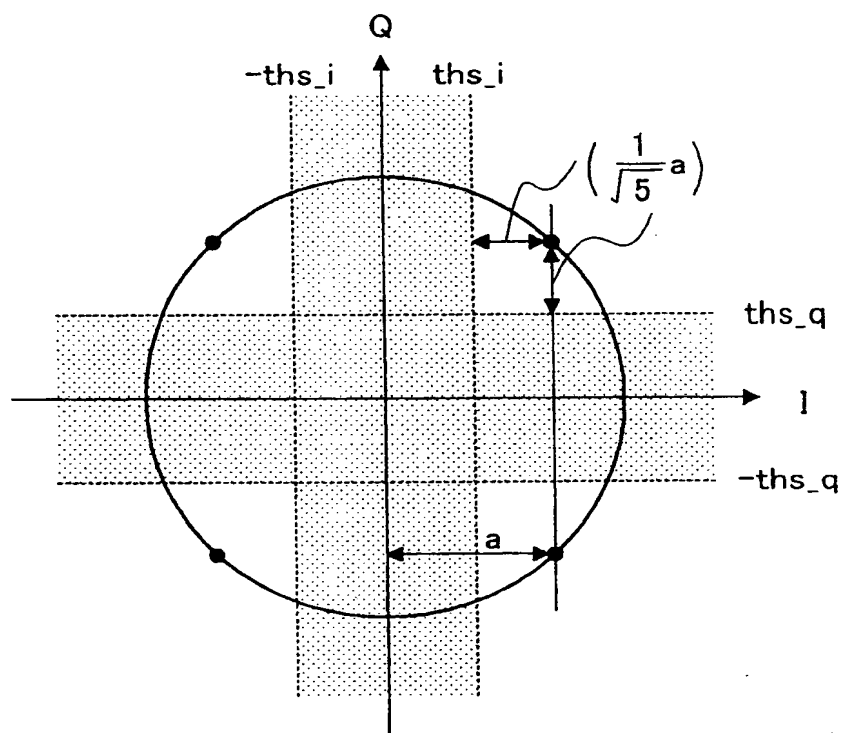


图 7

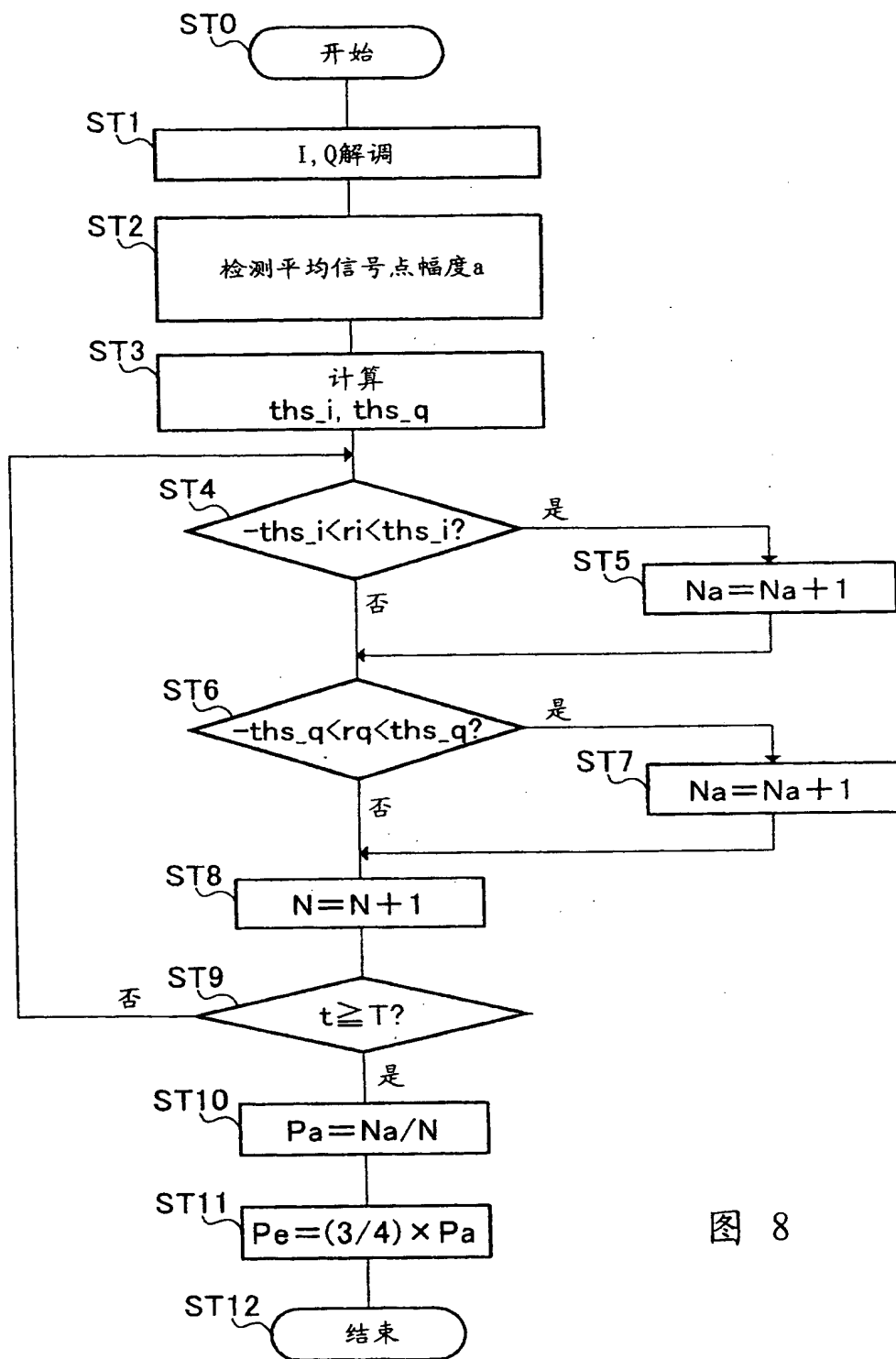
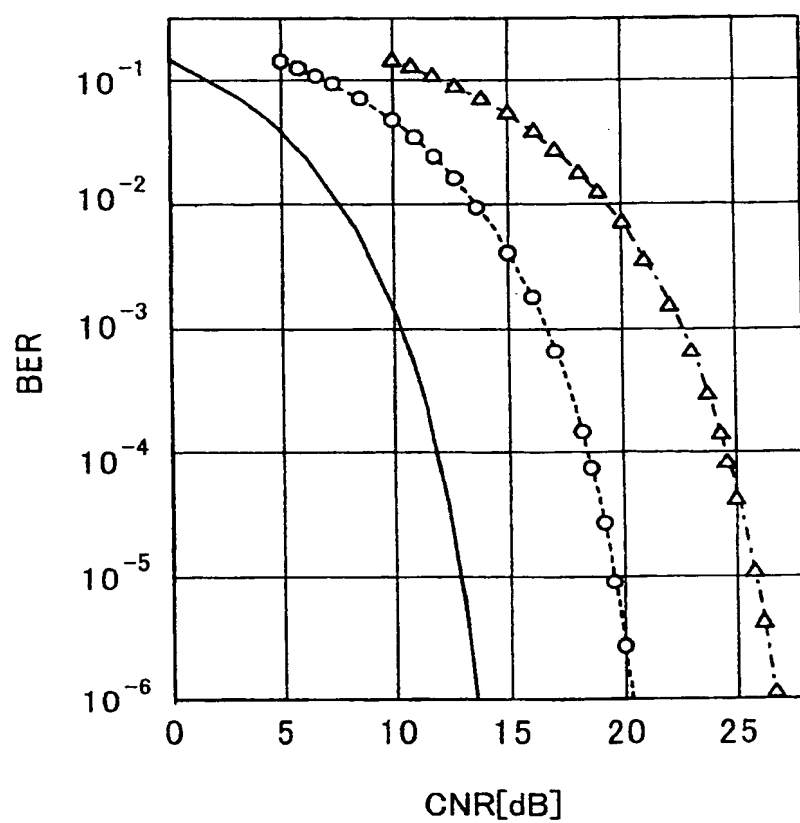


图 8



实际BER

—— QPSK
----- 16QAM
- - - - 64QAM

估计BER

○ 16QAM
△ 64QAM

图 9

20 位错率计算设备

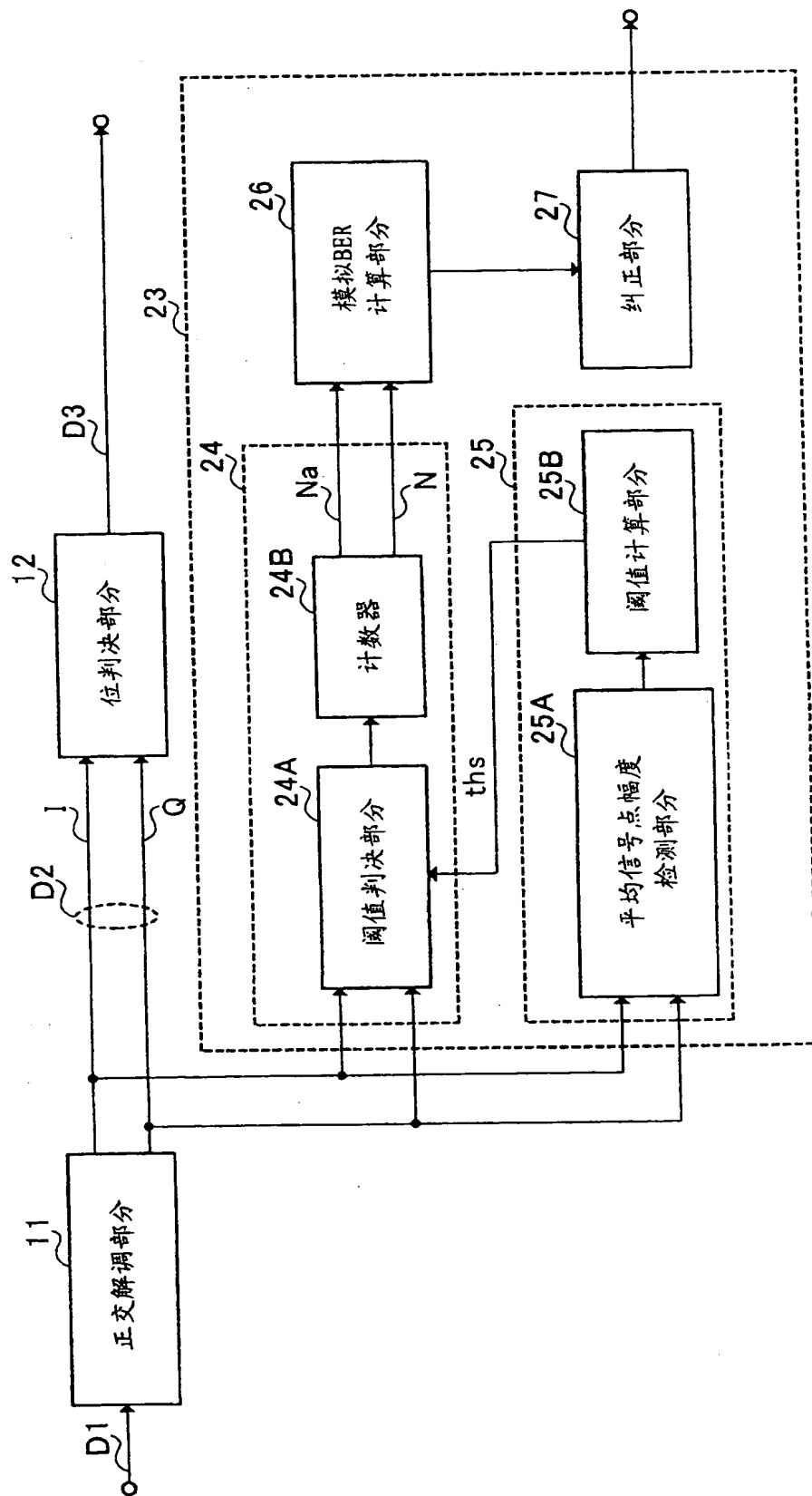


图 10

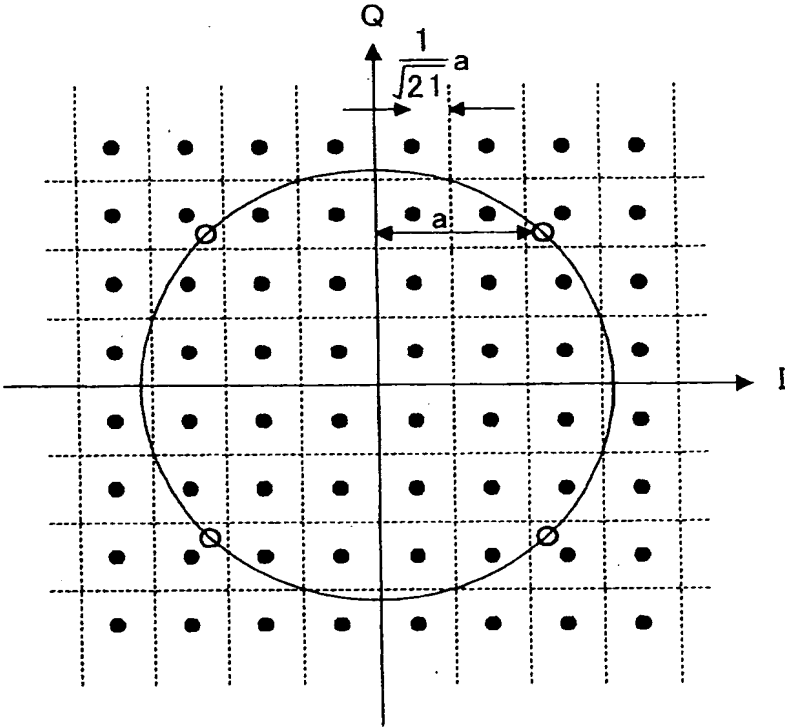
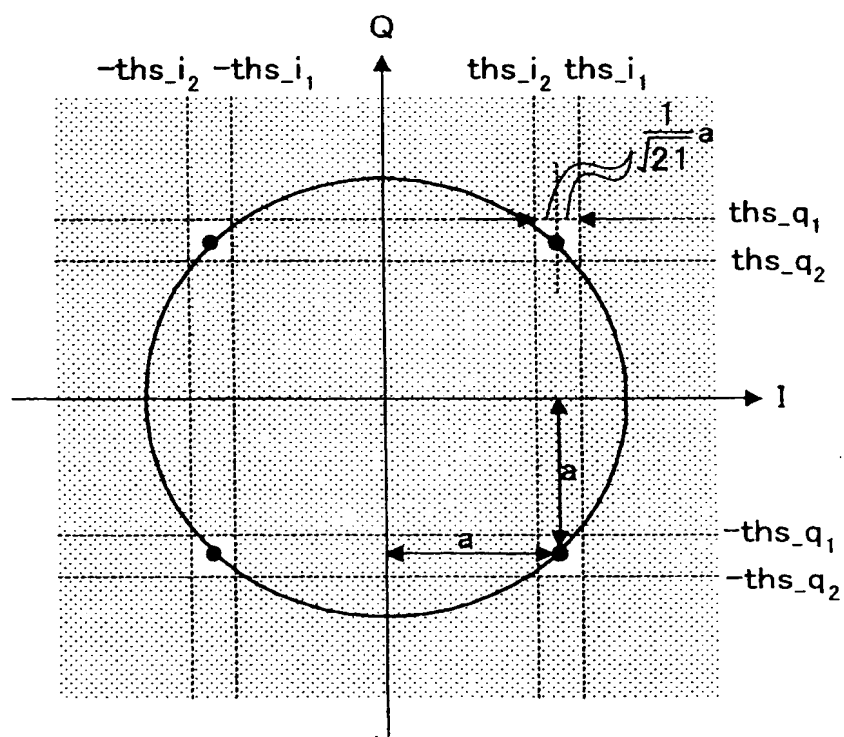


图 11



$$\text{ths}_{i_1} = \text{ths}_{q_1} = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{21}} a\right)$$

$$\text{ths}_{i_2} = \text{ths}_{q_2} = \left(1 + \frac{1}{\sqrt{21}} a\right)$$

图 12

100 通信系统

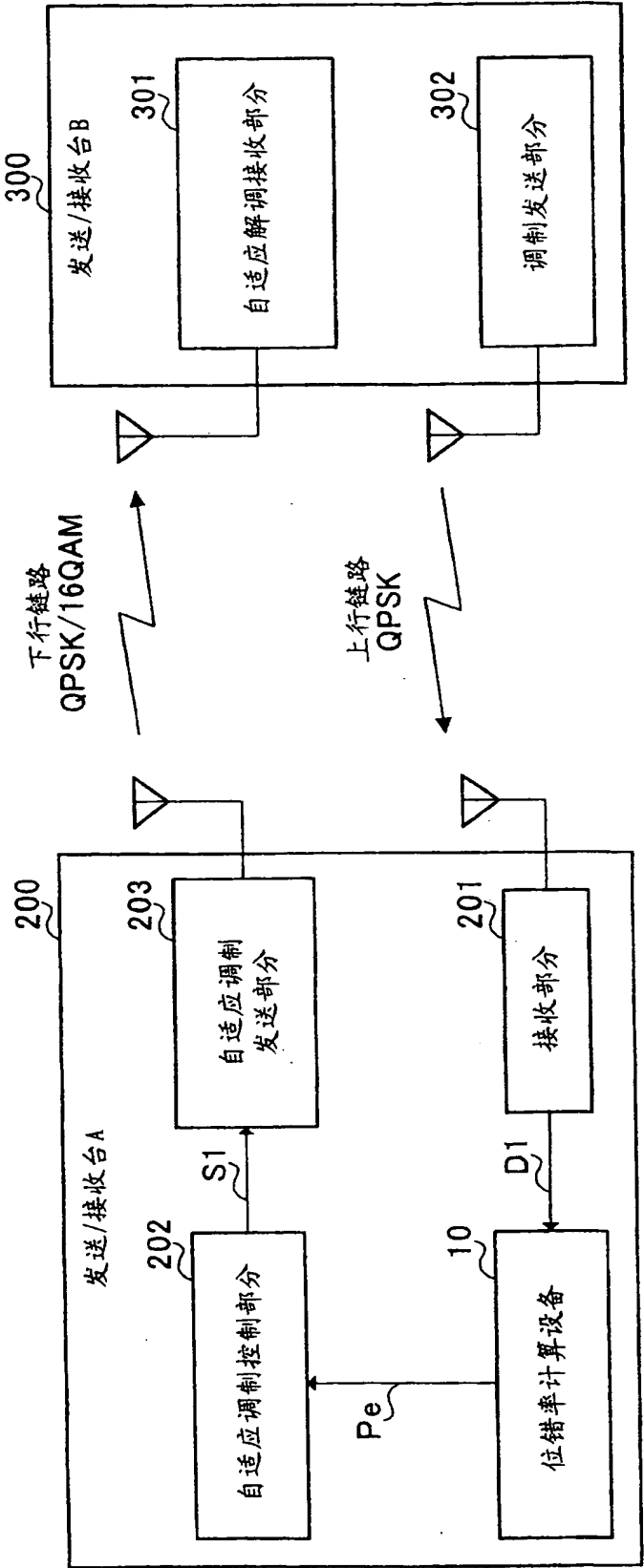


图 13

400 通信系统

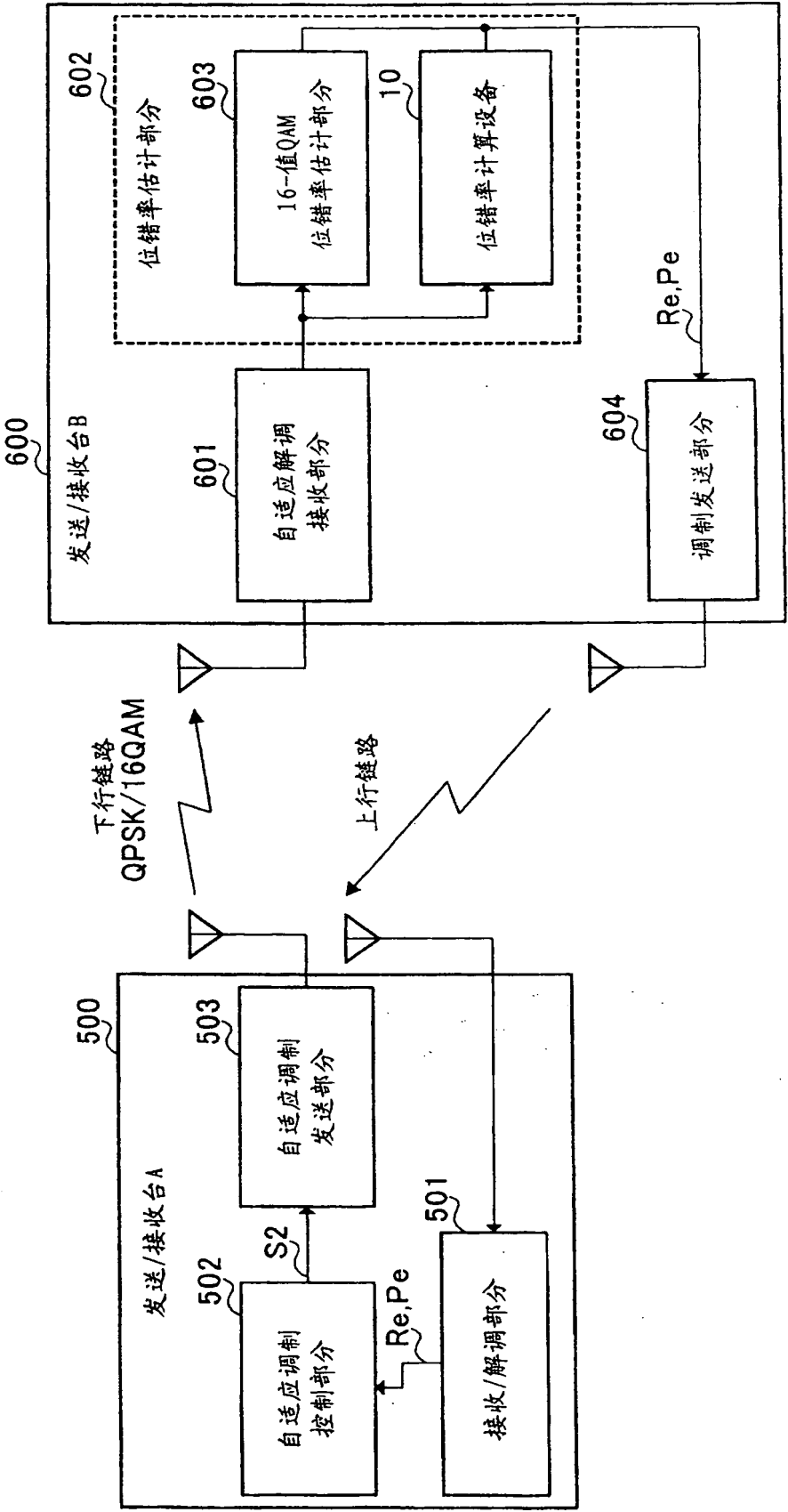


图 14

900 通信系统

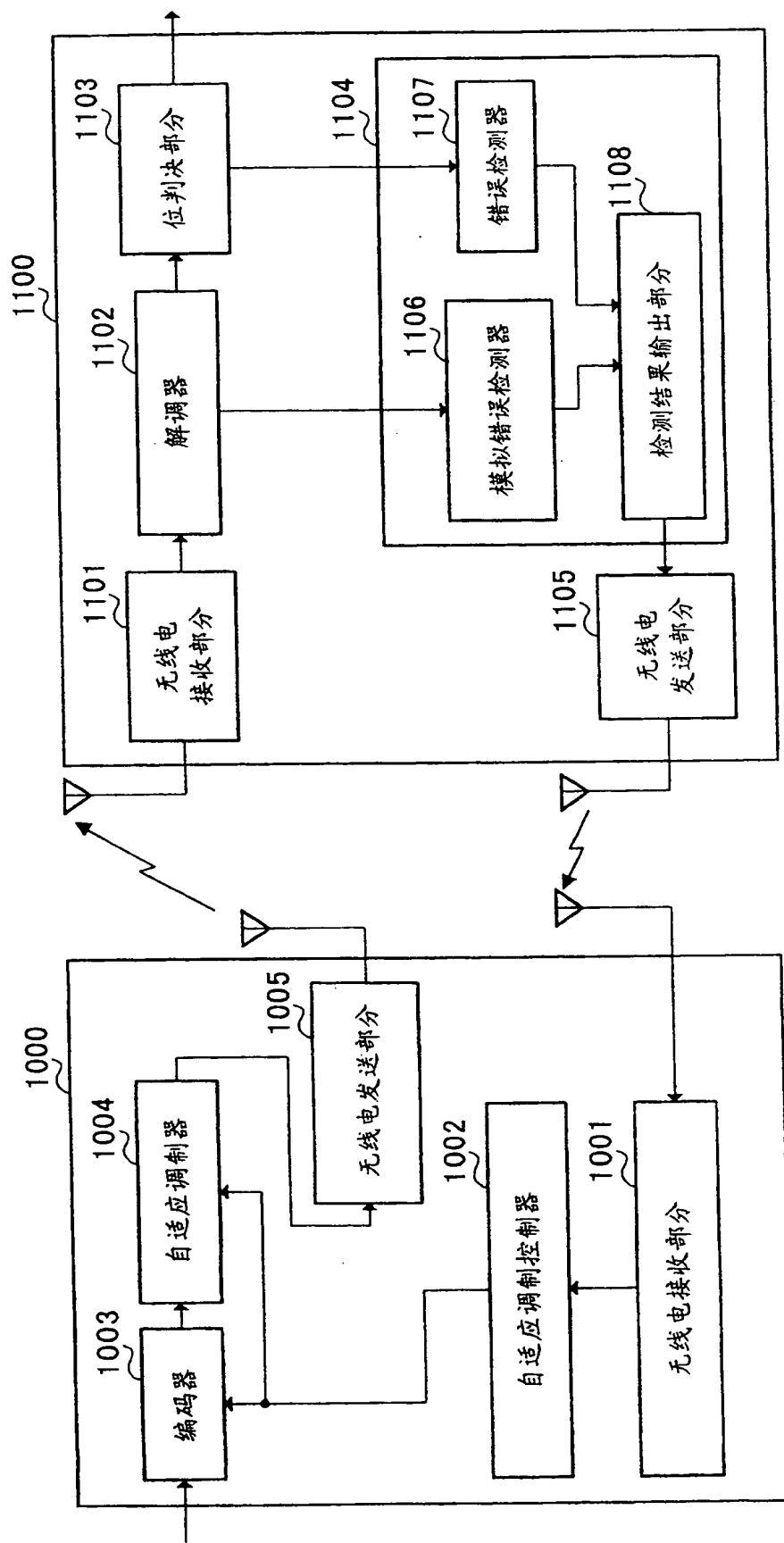


图 15

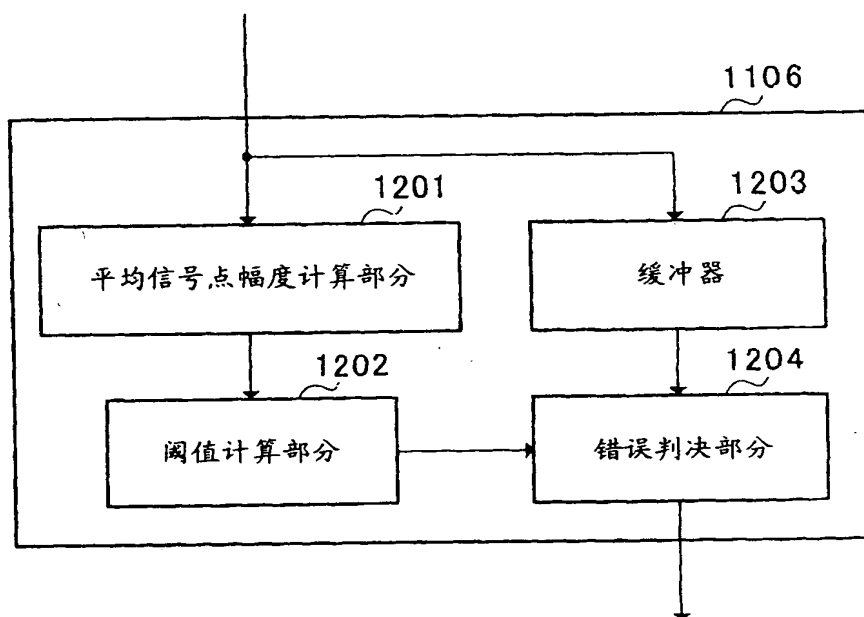


图 16

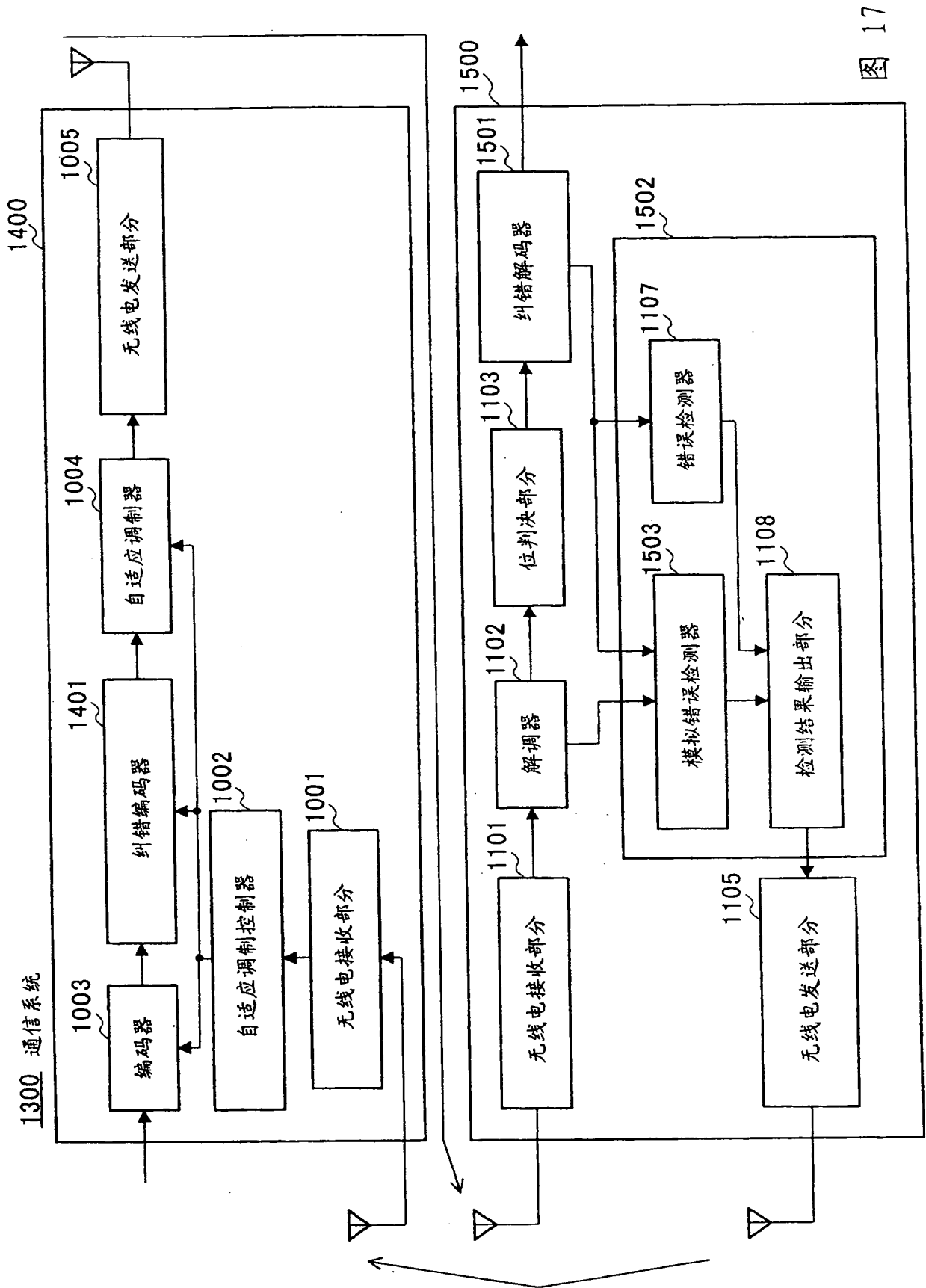


图 17

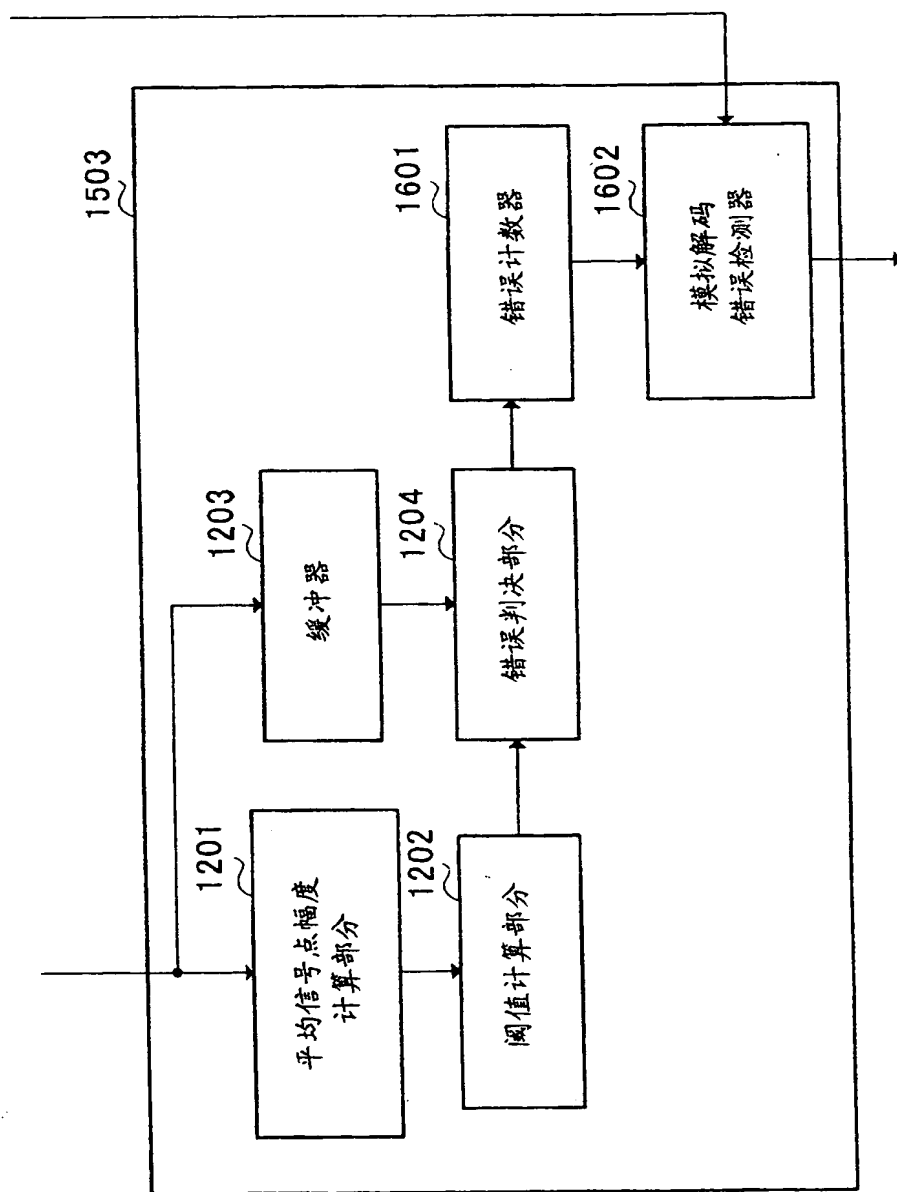


图 18

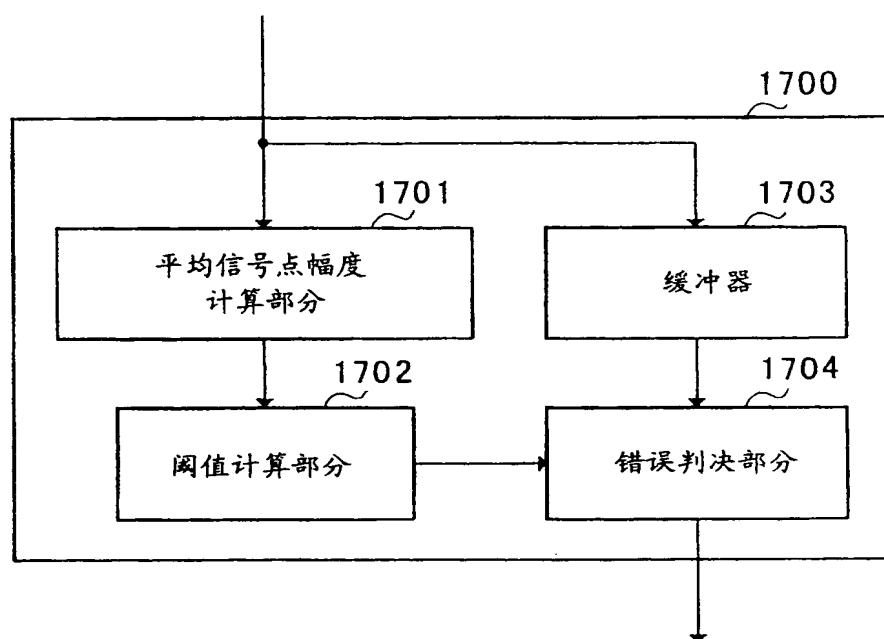


图 19

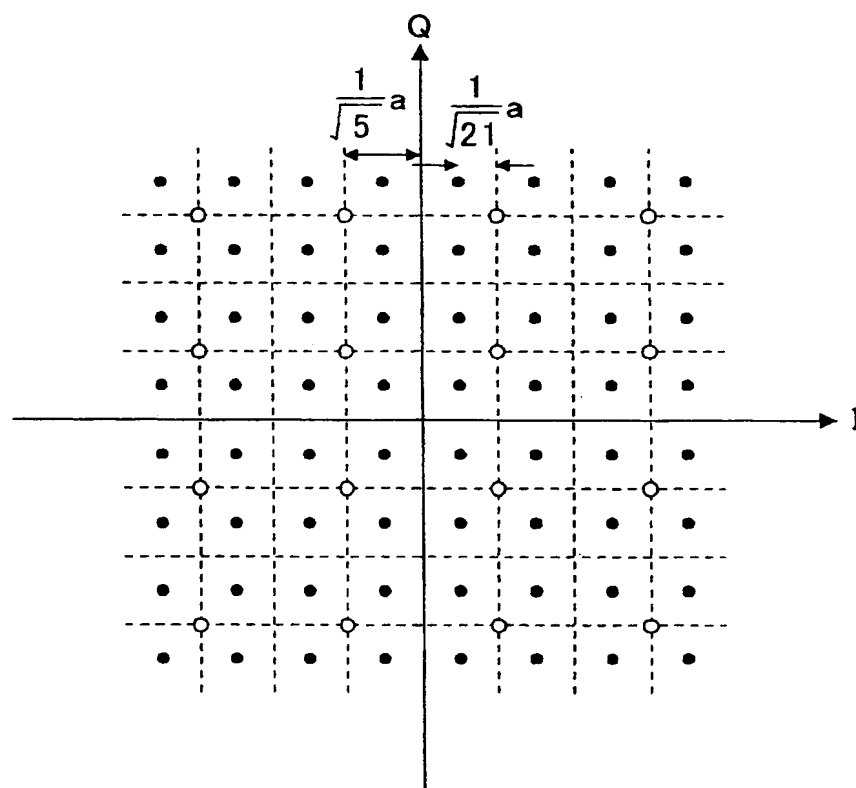


图 20

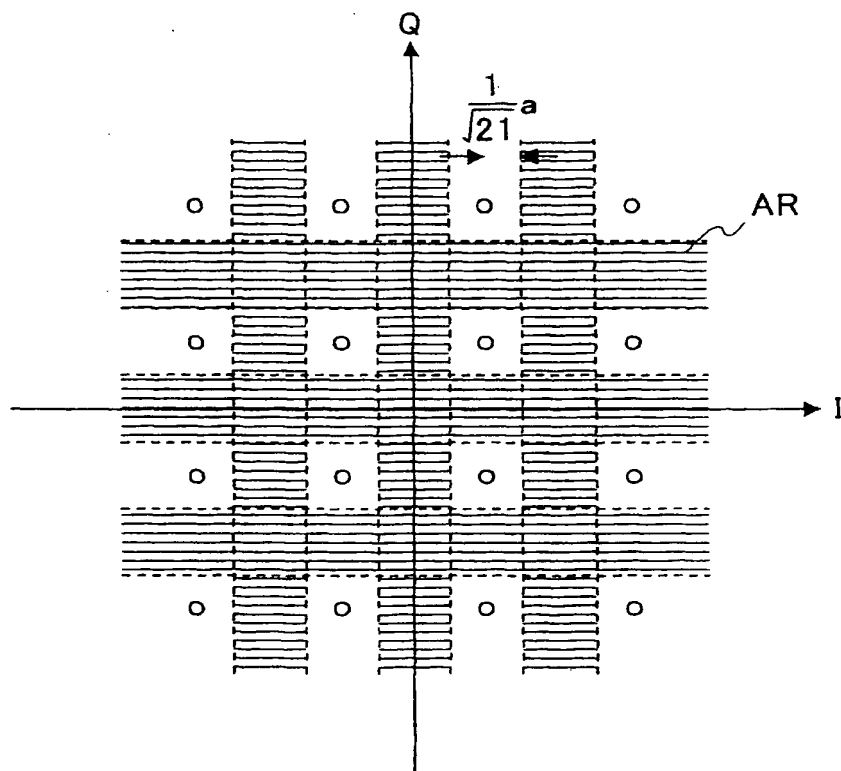


图 21

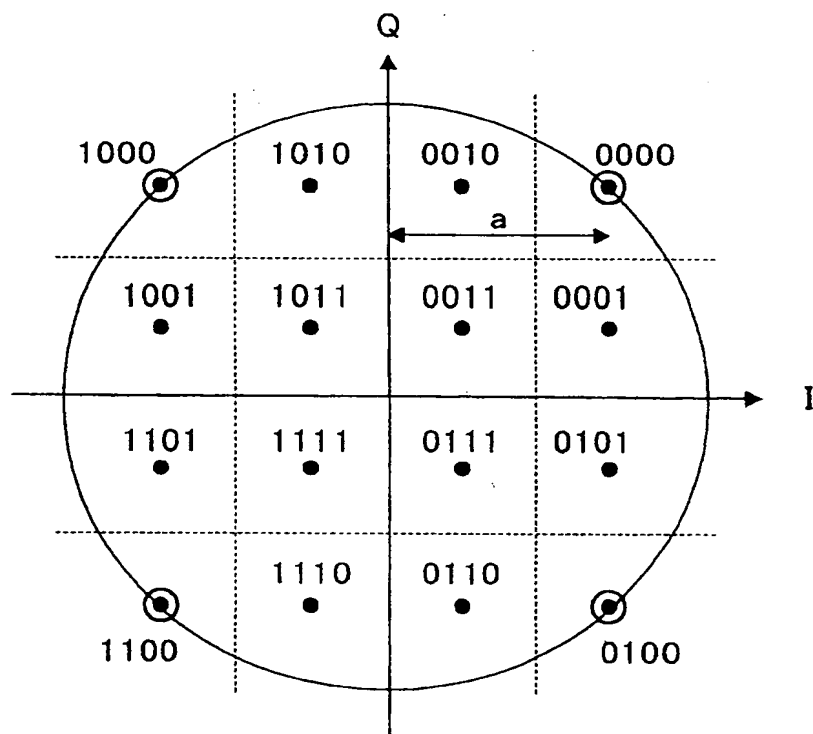


图 22

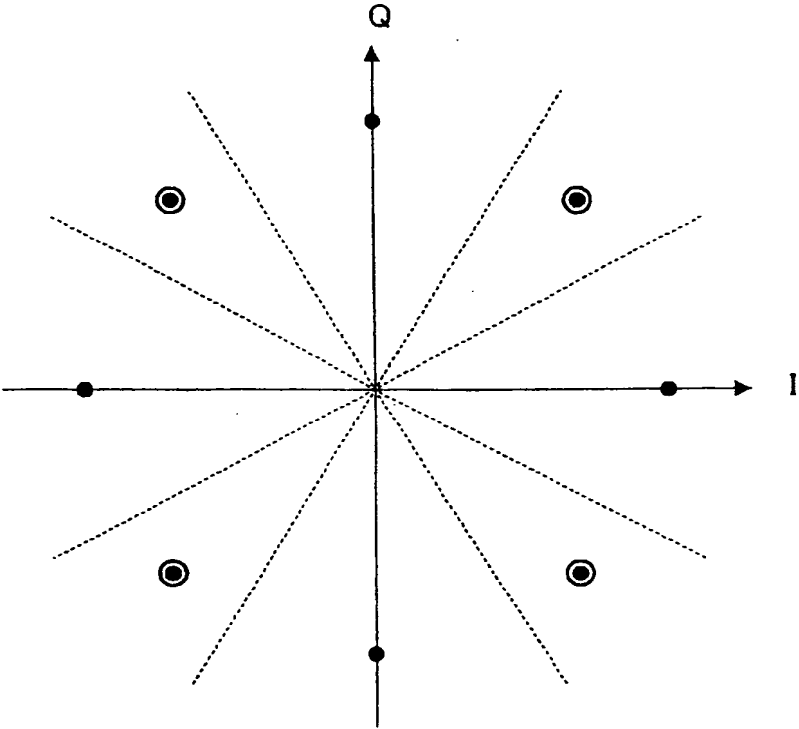


图 23